

# Inventarisatie van diepe Nederlandse geologische grindreserves

*Kartering van grindvoorkomens tussen  
30 tot 150 meter beneden maaiveld c.q.  
zeebodem*

DIGITAAL  
BESCHIKBAAR  
**KENNISPLEIN**

**NIET UITLEENBAAR  
BUITEN DWW**

BIDOC DWW - 015-2518363







# Inventarisatie diepe Nederlandse geologische grindreserves

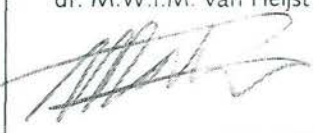
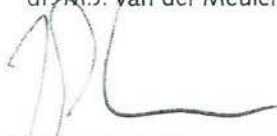
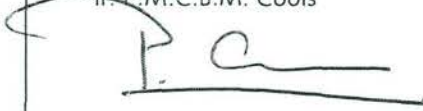
Kartering van grindvoorkomens tussen 30 en 150 meter  
beneden maaiveld c.q. zeebodem

25 FEB 2003



Rijkswaterstaat (DWW), en degenen die aan deze publicatie hebben meegewerkt, hebben de in deze publicatie opgenomen gegevens zorgvuldig verzameld naar de laatste stand van wetenschap en techniek. Desondanks kunnen er onjuistheden in deze publicatie voorkomen. Het Rijk sluit, mede ten behoeve van degenen die aan deze publicatie hebben meegewerkt, iedere aansprakelijkheid uit voor schade die uit het gebruik van de hierin opgenomen gegevens mocht voortvloeien.

---

1. Rapport nr. DWW-2002-110 ISBN 90-369-5514-9	2. Serie nr. Publicatiereeks Grondstoffen 2002/24	3. Ontvanger catalogus nummer	
4. Titel en subtitel Inventarisatie van diepe Nederlandse geologische grindreserves <i>Kartering van grindvoorkomens tussen 30 tot 150 meter beneden maaiveld c.q. zeebodem</i>		5. Datum rapport 1 oktober 2002	
		6. Code uitvoerende organisatie	
7. Schrijvers C.W. Dubelaar, M.P.E. de Kleine, B. Klijnstra, V.C. Marges, C.S. Mesdag, C. den Otter, J.G. Veldkamp en H.J.T. Weerts (TNO-NITG) M.W.I.M. van Heijst en T.P.F. Koopmans (DWW, red.)		8. Nr. rapport uitvoerende organisatie rapport NITG 02-058 B	
9. Naam en adres opdrachtnemer (intern) (extern) Rijkswaterstaat, TNO-NITG Dienst Weg- en Waterbouwkunde Postbus 80015, Postbus 5044, 2600 GA DELFT 3508 TA UTRECHT.		10. Projectnaam GSV/Diepgrind	
		11. contractnummer DWW-1944	
12. Naam en adres opdrachtgever Ministerie van Verkeer en Waterstaat, Directoraat Generaal Water Postbus 20906, 2500 EX 's GRAVENHAGE		13. Type rapport Onderzoeksrapportage	
		14. Code andere opdrachtgever	
15. Opmerkingen Contactpersonen: dr. M.W.I.M. van Heijst (015-2518469); drs. T.P.F. Koopmans (015-2514312)			
16. Referaat Dit rapport bevat de resultaten van een inventarisatie van diepe grindvoorraden in de Nederlandse ondergrond (land en zee) op basis van bestaande geologische gegevens. Een dergelijke inventarisatie van diepe grindreserves anticipeert op twee ontwikkelingen: (1) voortgaande technische innovatie van diepe wintechnieken; (2) toenemende schaarste van grind door teruglopend aanbod uit ondiepe winningen in eigen land en de ons omringende landen.  De studie heeft voor het Nederlandse continentale plat tussen 30 en 150 meter onder de zeebodem geen significantie diepe grindvoorraden aangetoond. In de Nederlandse ondergrond (inclusief IJsselmeergebied) zijn in het dieptebereik van 30 tot 150 meter onder maaiveld enkele verspreide voorkomens van diepe grindlagen aangetroffen. Het meest omvangrijke diepe grindvoorkomen blijkt aanwezig in de Roerdal Slenk. Om een beter inzicht te krijgen in hoeveel nederen grindkwaliteit is nader gebiedsspecifiek onderzoek nodig waarbij wordt aanbevolen ook de grindhoudende zanden in beschouwing te nemen.			
17. Trefwoorden grondstoffenvoorziening, grind, betonzand, metselzand, geologische voorraad		18. Distributie systeem Verkrijgbaar bij de Dienst Weg- en Waterbouwkunde, T.a.v. Mw. M.A. Schomaker, Tel: 015-2518 308	
19. Classificatie	20. Classificatie deze pagina	21. Aantal blz.: 65	22. Prijs: € 15,00
23. Acceptatie projectleider dr. M.W.I.M. van Heijst 	24. Acceptatie productgroepleider dr. M.J. van der Meulen 	25. Acceptatie afdelingshoofd ir. P.M.C.B.M. Cools 	





---

# Inhoudsopgave

---

<b>Inhoudsopgave</b>	<b>5</b>
<b>Samenvatting en Leeswijzer</b>	<b>7</b>
<b>1 Inleiding</b>	<b>9</b>
<b>2 Basisgegevens en methode</b>	<b>11</b>
2.1 Definities en omschrijvingen	11
2.2 Werkwijze voor land	12
2.3 Werkwijze voor Nederlands Continentaal Plat	14
2.4 Methodiek volumeberekeningen	15
<b>3 Resultaten</b>	<b>17</b>
3.1 Land	17
3.2 Nederlands Continentaal Plat	18
<b>4 Interpretatie en synthese</b>	<b>19</b>
4.1 Inleiding	19
4.2 Geologische deelgebieden van de diepe grindvoorkomens	19
4.3 Synthese diepgrind land: interval 30 tot 60 meter onder maaiveld	21
4.3.1 Deelgebied I Noord Nederland	21
4.3.2 Deelgebied II: Midden-Nederland	22
4.3.3 Deelgebied III Roerdal Slenk Systeem	23
4.3.4 Deelgebied IV Randzone Massief van Brabant en Zuid-Limburg	23
4.4 Synthese diepgrind land: intervallen 60 tot 150 m	24
4.5 Synthese diepgrind zee; voorkomens diepe grindlagen op het NCP	24
4.6 Grindherkomst en grindkwaliteit	25
4.6.1 Rijn- en Maasgrind	25
4.6.2 Grind uit het Balticum en de oostelijke rivieren	25
4.6.3 Glaciaal grind	25
4.6.4 Grindonderzoek	25
4.6.5 Grindkwaliteit	26
<b>5 Gebieden met diepe grindvoorkomens</b>	<b>27</b>
5.1 Inleiding	27
5.2 Volumeberekeningen grind in geselecteerde gebieden	27
5.3 Grindkwaliteit in de geselecteerde gebieden	29
<b>6 Conclusies en aanbevelingen</b>	<b>31</b>
6.1 Conclusies	31
6.2 Aanbevelingen	32
<b>Literatuur</b>	<b>33</b>
<b>Bijlage A Gebruikte boringen met einddiepte</b>	<b>35</b>
<b>Bijlage B Gebruikte boringen onderverdeeld naar kwaliteitsklasse</b>	<b>38</b>



---

Bijlage C Diepteligging bovenzijde eerste grindlaag beneden 30 m –mv (per interval)	40
Bijlage D Gesommeerde grinddikte per interval (30-40, 40-50, 50-60, 60-100, 100-150 m)	42
Bijlage E Gesommeerde dikte grind tussen 30 en 150 meter beneden maaiveld	48
Bijlage F Samenstelling afdekkend pakket boven eerste diepe grindlaag	50
Bijlage G Grind en grindhoudend zand in het dieptebereik 30-60 en 60 –150 m. beneden zeebodem	52
Bijlage H Overzichtskaart van diepe grindvoorkomens	55
Bijlage I Gemiddelde grinddikten in een drietal proefgebieden (interval 30-40 en 40-50 m)	57
Bijlage J Berekeningsmethode voor de volume bepaling van de geologische reserve voor enkele diepe grindvoorkomens	64

---

# Samenvatting en Leeswijzer

---

## Samenvatting

Vanuit de beleidsontwikkeling voor de Nederlandse bouwgrondstoffenvoorziening wordt door het Ministerie van Verkeer en Waterstaat aandacht besteed aan het vinden van alternatieven voor grootschalige grindwinning aan het maaiveld. Doelstelling van dit onderzoek is het gebiedsdekkend in kaart brengen van de Nederlandse diepe grindvoorraden op land en zee door middel van een bureaustudie met bestaande geologische gegevens. De aanleiding voor het onderzoek is het feit dat er nog geen landelijk overzicht was van de voorkomens van grindlagen in de Nederlandse bodem op diepten tussen 30 en 150 meter beneden maaiveld. Een dergelijke inventarisatie van diepe grindreserves anticipeert op twee ontwikkelingen: (1) voortgaande technische innovatie van diepe wintechnieken; (2) toenemende schaarste van grind door teruglopend aanbod uit ondiepe winningen in eigen land en de ons omringende landen.

De studie heeft voor het Nederlandse continentale plat tussen 30 en 150 meter onder de zeebodem geen significantie diepe grindvoorraden aangetoond. In de Nederlandse ondergrond (inclusief IJsselmeergebied) zijn in het dieptebereik van 30 tot 150 meter onder maaiveld enkele verspreide voorkomens van diepe grindlagen aangetroffen. Het meest omvangrijke diepe grindvoorkomen blijkt aanwezig in de Roerdal Slenk. Om een beter inzicht te krijgen in hoeveelheden en grindkwaliteit is nader gebiedsspecifiek onderzoek nodig waarbij wordt aanbevolen ook de grindhoudende zanden in beschouwing te nemen.

## Leeswijzer

De **basis** van dit rapport vormen de set kaartbijlagen die achterin zijn opgenomen. Na de **inleiding** en **doelstelling** in hoofdstuk 1 worden in hoofdstuk 2 de **werkwijze** en **projectdefinities** belicht. Hoofdstuk 3 bespreekt de **resultaten** van het onderzoek door achtereenvolgens alle kaartbladen toe te lichten. De kaarten tonen de gebieden waar in het dieptebereik van 30 tot 150 meter onder het maaiveld (zeebodem) grind is aangetroffen en waar gegevens de aanwezigheid van grind uitsluiten. Daarnaast is ook een kaart met de globale samenstelling van het afdekkend pakket gemaakt.

De **interpretatie en synthese** van de studie volgt in Hoofdstuk 4. De **essentie van het rapport is samengevat in kaartbijlage H** die de belangrijkste diepe grindvoorkomens toont, inclusief een indicatie van de omvang ervan. In hoofdstuk 5 worden de meest omvangrijke diepe grindvoorkomens verder toegelicht inclusief een indicatieve berekening van de geologische voorraad in een aantal proefgebieden. De **conclusies en aanbevelingen** van het onderzoek staan verwoord in hoofdstuk 6.



---

# 1 Inleiding

---

In het kader van de beleidsontwikkeling voor de Nederlandse bouwgrondstoffenvoorziening op lange termijn wordt door het Ministerie van Verkeer en Waterstaat aandacht besteed aan het vinden van alternatieven voor grootschalige grindwinning aan het maaiveld (Structuurschema Oppervlakedelfstoffen 2, deel1 planologische kernbeslissing, 2002). Hierbij wordt onder andere gedacht aan de winning van grind tot op grotere diepte dan nu gebruikelijk is. Onderzoek naar diepe voorkomens en winning van oppervlakedelfstoffen anticipeert op twee ontwikkelingen: (1) voortgaande technische innovatie van diepe wintechnieken; (2) toenemende schaarste van grind door teruglopend aanbod uit ondiepe winningen in eigen land en de ons omringende landen. Momenteel wordt tot circa 20 meter beneden maaiveld grind gewonnen, slechts incidenteel komen diepere winningen voor. De geologische voorkomens van grind zijn in het verleden gekarteerd tot 30 meter onder maaiveld en op thematische kaarten aangegeven in opeenvolgende versies van het Structuurschema Oppervlakedelfstoffen.

Uit eerder verricht onderzoek en uit geologische kaarten en profielen is bekend dat grindhoudende afzettingen beneden 30 meter onder maaiveld onder meer aanwezig zijn in de Roerdal Slenk (vroeger de Centrale Slenk genoemd) in de provincies Noord-Brabant en Limburg. Er bestaat evenwel vooralsnog geen landelijk overzicht van de voorkomens van grindlagen in de Nederlandse bodem op diepten tussen 30 en 150 meter beneden maaiveld.

De Dienst Weg- en Waterbouwkunde van het Directoraat-generaal Rijkswaterstaat heeft TNO-NITG gevraagd een onderzoek uit te voeren naar de voorkomens van grind op diepten tussen 30 en 150 m onder maaiveld. Dit overzicht dient zowel de Nederlandse ondergrond van het vasteland als van het Nederlands deel van het Continentaal Plat te bestrijken.

Doelstelling van het onderzoek is, het op basis van digitaal beschikbare boorgegevens, profielen en de geologische interpretatie hiervan, indicaties te kunnen geven van voor de bouwgrondstoffenvoorziening mogelijk interessante diepe grindvoorkomens. Op grond van de gepresenteerde kaarten dient voor een aantal gebieden met diepe grindvoorkomens een schatting van de volumina grind te worden uitgevoerd.

Deze inventarisatie van diepe grindvoorraden sluit aan bij een onderzoek naar diepwintechnieken (Nieulant en Ooms, 2000) en naar diepe geologische voorkomens van beton en metselzand onder de vergunde einddiepte van bestaande winputten (Van Heijst en Modder, 2001).





## 2 Basisgegevens en methode

### 2.1 Definities en omschrijvingen

#### Definitie en classificatie grind volgens NEN 5104

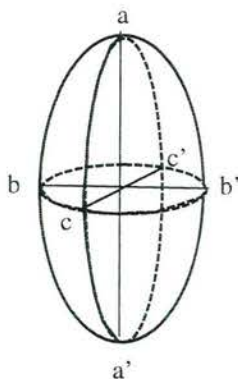
Volgens de norm voor de beschrijving van onverharde sedimenten (NEN 5104) bestaat grind uit gesteentefragmenten waarvan de componenten groter zijn dan 2 mm en kleiner dan 63 mm, waarbij tenminste 30% (massa procenten) van het percentage deeltjes hieraan moet voldoen. Deze classificatie onderscheidt de volgende aanduidingen voor grind:

Fijn grind:	2 tot 5,6 mm
Matig grof grind:	5,6 tot 16 mm
Zeer grof grind:	16 tot 63 mm

Het grovere materiaal is als volgt ingedeeld:

Stenen	63 tot 200 mm
Keien	200 tot 630 mm
Blokken	> 630 mm

De korrelgrootte van het grind wordt bepaald door de lengte van de middelste van de drie mogelijke diameter van het grinddeeltje (Figuur 2.1).



**Figuur 2.1** Bepaling van de diameter van grind/stenen. De afstand b-b' is de grootte bepalende as van een korrel ( $aa' > bb' > cc'$ ).

#### Projectdefinitie grind

Bij dit project is uitgegaan van bovenstaande definitie van grind. Hierdoor zijn bij de inventarisatie van diep gelegen grindlagen uitsluitend die lagen betrokken waarvan bij hoofdgrondsoort de omschrijving grind of stenen is vermeld in de boorbeschrijving van de TNO-NITG boringen database DINO (zie paragraaf 2.2 werkwijze). Het is belangrijk zich hiervan rekenschap te geven, aangezien ook in andere lithologische lagen het voorkomen van grind kan zijn vastgelegd, maar dan als bijmenging tot maximaal 30%.

---

### Dikte grindlagen en stoorlagen; voorkomen van stenen

Met betrekking tot de dikte van de te karteren grindlagen zijn geen voorwaarden aan een minimale dikte gesteld. De cumulatieve dikte van het grind binnen een interval van 10 meter kan dus zijn opgebouwd uit een groot aantal dunne lagen. Het voorkomen van stoorlagen, bijvoorbeeld dikke kleipakketten, is niet in de inventarisatie betrokken. Het voorkomen van lagen stenen (gesteentefragmenten in de fractie 63-200 mm), voor zover deze worden aangetroffen in de Kwartaire fluviatiele afzettingen, is meegerekend in de gesommeerde grinddikten.

## 2.2 Werkwijze voor land

Voor deze geologische inventarisatie van diepe grindvoorkomens is voor het landgebied (inclusief IJsselmeergebied) gebruik gemaakt van bestaande boorgegevens van het TNO-NITG die zijn ondergebracht in de database DINO (Databank Informatie Nederlandse Ondergrond). Uit de database DINO is een selectie op einddiepte gemaakt van alle voor dit project relevante boringen. Met deze selectie is een projectdatabase opgezet (Bijlage A). Alle werkzaamheden voor dit project zijn vervolgens met behulp van de gegevens in deze projectdatabase uitgevoerd.

In de boringendatabase DINO van TNO-NITG is op grond van de kwaliteit van de boringen een kwaliteitswaardering aan de boringen gekoppeld (klassen A-F) die informatie geeft over het detail en de nauwkeurigheid waarmee de boringen zijn beschreven (Bijlage B). Alle boringen in de klassen A-F zijn voor de grindinventarisatie gebruikt. Op basis van regionale geologische kennis van de grindvoorkomens zijn handmatig wel correcties uitgevoerd, waarbij een aantal 'uitbijters' uit de dataset is verwijderd.

Het dieptetraject waar dit onderzoek zich op richt, is gelegen tussen 30 en 150 meter onder maaiveld. Om een goed overzicht van het ruimtelijk voorkomen van grindlagen te krijgen is in overleg met de opdrachtgever besloten dit traject in 5 intervallen op te delen:

- 30-40 meter onder maaiveld
- 40-50 meter onder maaiveld
- 50-60 meter onder maaiveld
- 60-100 meter onder maaiveld
- 100-150 meter onder maaiveld

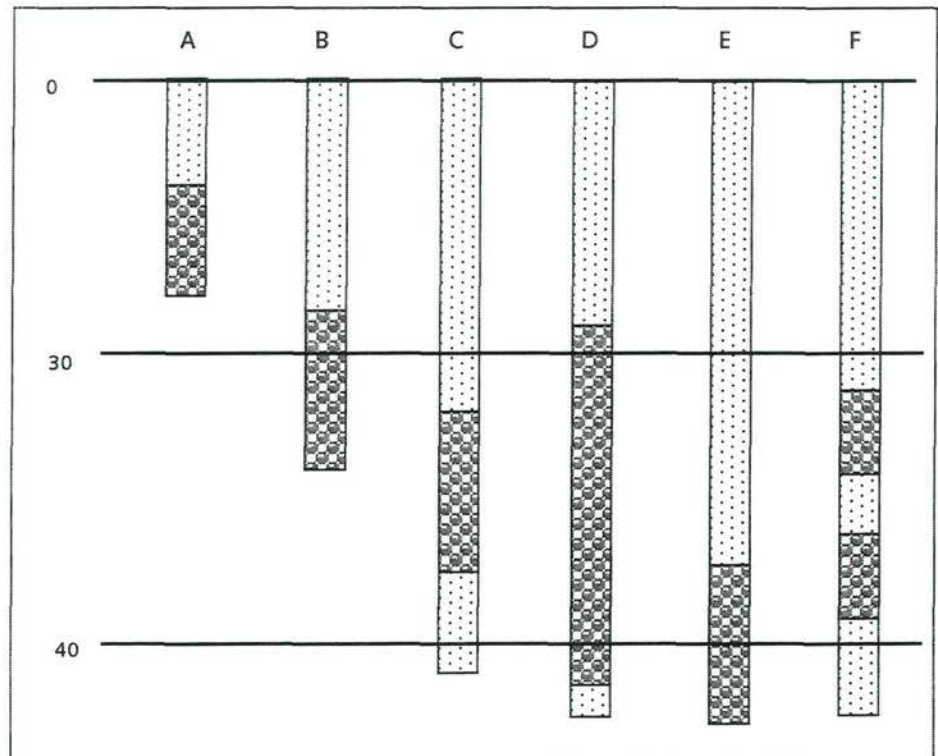
Voor elk van deze diepte intervallen is vervolgens de gesommeerde grinddikte en de ligging van de top van het grindvoorkomen berekend. Bijlage C voorziet in een verzamelkaart die de diepteligging van de bovenzijde van het eerste grindvoorkomen laat zien beneden de gestelde 30 meter onder maaiveld. In overleg met de opdrachtgever is besloten dat het geen meerwaarde had om de diepteligging van de eerste grindlaag apart per bovengenoemde vijf intervallen in kaart te brengen. Voorts is voor het gehele onderzoekstraject (30-150 meter onder maaiveld) voor elk van de vijf diepte-intervallen de gesommeerde dikte van de grindvoorkomens binnen het traject berekend (Bijlage D). Naast de gesommeerde grinddikte per interval is ook de totale gesommeerde grinddikte tussen 30 –150 onder maaiveld berekend (Bijlage E).

Bij het opstellen van de grinddikte kaarten per diepte interval (Bijlage D) en totale gesommeerde grinddikte voor de vijf intervallen (Bijlage E) zijn alleen boringen meegenomen die het betreffende interval geheel doorboren. Bij het opstellen van de 'topgrind kaart' (Bijlage C, diepteligging bovenzijde eerste



grindlaag) zijn alle boringen meegenomen die dieper reiken dan 30 meter onder maaiveld. Doordat de gekozen intervallen niet altijd overeenkomen met de in de boorbeschrijvingen voorkomende laaggrenzen zijn voor lagen die de intervalgrenzen doorsnijden nieuwe onder en/ of bovengrenzen berekend. Figuur 2.2 geeft aan hoe met deze lagen is omgegaan.

Boring	A	B	C	D	E	F
Top (in m)	nvt	30	32	30	37	32
Bottom (in m)	nvt	nvt	37	40	40	nvt
Dikte (in m)	nvt	nvt	5	10	3	5



Figuur 2.2 Voorbeelden van berekende grinddikten in relatie tot het doorboorde interval (grindlaag is zwaar gearceerd)

Op basis van de uitgevoerde berekeningen zijn eerst concept kaarten opgesteld. Deze kaarten zijn vervolgens door inbreng van kennis van de regionale geologie gecontroleerd op betrouwbaarheid. Uitbijters (boringen met onverwachte grindvoorkomens) zijn vervolgens uit de eerste berekende sets gehaald en nader gecontroleerd. Dit betreft onder andere boringen met:

- extreem dikke lagen
- extreme waarden van gesommeerde grind diktes
- grind op dieptes waar, op basis van geologisch inzicht, geen grind verwacht wordt
- grind op locaties waar, op basis van geologisch inzicht, geen grind verwacht wordt
- hard gesteente

---

Alle afwijkende boringen zijn vervolgens uit de projectdatabase gelicht en handmatig gecontroleerd. In totaal zijn er uit de set van circa 2840 boringen met grind dieper dan 30 meter onder maaiveld 99 boringen weggelaten. De criteria om een boring als ongeschikt voor het project te definiëren en deze uit de projectdatabase te verwijderen zijn divers van aard:

- een boring is te slecht beschreven; dit uit zich door:
  - extreem dikke lagen (grote monster trajecten)
  - verkeerd gebruikte terminologie
  - boorbeschrijver/ beschrijvende instantie
  - gebruikte beschrijf norm
- boringen waarin hard gesteente is aangetroffen en waar in het gesteente grind of stenen voorkomen
- doel van de boring (bijvoorbeeld boringen gezet voor inventarisatie van steenkoolvoorkomens)
- voorkomen van zeer dunne lagen grind buiten de te verwachten verbreidingsgrenzen van grindvoorkomens. Het gaat hier om mariene afzettingen met doorgaans maar enkele centimeters dikke grindlagen.
- antropogeen beïnvloede boorgegevens (steenstorten in Zuid Limburg)

Tenslotte is de *overburden* berekend en gekarteerd als cirkeldiagrammen van de samenstelling van het afdekkend pakket (Bijlage F). De overburden is de gesommeerde dikte van de verschillende lithologieën vanaf maaiveld welke de top (gelegen beneden 30 meter onder maaiveld) van het grindvoorkomen afdekken. Gezien het vooraf aan de opdracht gestelde diepte om diepe grindvoorkomens te inventariseren beneden de gebruikelijke karteergrens van 30 meter onder maaiveld kan dit resulteren in het voorkomen van grind in de overburden.

### 2.3 Werkwijze voor Nederlands Continentaal Plat

De boringen en hapmonsters van het Nederlands Continentaal Plat (NCP) en de daarbij behorende (geologische) gegevens, zijn, voorzover ze uitgevoerd zijn door het TNO-NITG zelf, veelal digitaal beschikbaar. Ook de gegevens van boringen uitgevoerd door derden zijn, voorzover de gegevens beschikbaar zijn gesteld, digitaal bij het TNO-NITG opgeslagen. De boor- en monstergegevens zijn daardoor eenvoudig per computer te bevragen op specifieke inhoud. De boringen dieper dan 30 m zijn voor een groot deel uitgevoerd door, of in opdracht van, de firma Fugro. Een uitzondering hierop zijn de boringen in en nabij de Maasvlakte, die meestal van Gemeentewerken Rotterdam zijn.

Aangezien op voorhand bekend was dat er slechts weinig grind dieper dan 30 m is aangeboord op het NCP, is besloten om ook te selecteren op aanwezigheid van grindhoudend zand. Zelfs dan is het aantal boringen dat aan de criteria voldoet gering. Uit praktische overwegingen is besloten om op het NCP het te onderzoeken dieptebereik van 30 tot 150 m op te delen in twee intervallen: 30 – 60 m en 60 – 150 m. waarbij de volgende selectiestappen op de database zijn uitgevoerd:

1. Selectie op aanwezigheid van grind als hoofdgrondsoort in beide dieptebereiken.
2. Selectie op aanwezigheid van grindhoudend zand in beide dieptebereiken.
3. Selectie op afwezigheid van grind en grindhoudend zand in het dieptebereik 30 – 60 m en met einddiepte > 60 m.
4. Selectie op afwezigheid van grind en grindhoudend zand in het dieptebereik 60 – 150 m en met einddiepte > 150 m.



---

Het resultaat van selectiestap 1 staat op de kaarten in Bijlage G. In rode cijfers is de totale lengte in meters van het aangeboord grind aangegeven. Het resultaat van stap 3 geeft de boringen waarin geen grind of grindhoudend zand in het hele dieptetraject van 30 tot 60 m is aangetroffen. Stap 4 geeft hetzelfde voor het traject 60 tot 150 m.

#### 2.4 Methodiek volumeberekeningen

Bij de interpretatie van de resultaten is een kaart samengesteld met de volgens deze studie kansrijk geachte gebieden qua diepe grindvoorkomens (Bijlage H). Om enig inzicht te verkrijgen in de geologische reserves van deze diepe grindvoorkomens is een methodiek ontwikkeld om van deze gebieden het volume te berekenen. Daartoe zijn enkele gebieden met diepe grindvoorkomens geselecteerd waarvan de geologische reserve in het interval tussen 30-60 meter onder maaiveld wordt berekend (Bijlage I). De gebruikte berekeningsmethodiek staat toegelicht in Bijlage J.

De gebruikte gegevens voor de volumeberekeningen omvatten alle boringen die het gehele diepte-interval doorsnijden ('harde data'), aangevuld met alle boringen die wel de top, maar niet de onderkant van het diepte-interval doorsnijden ('zachte data'). Hoewel de laatste groep niets zegt over de cumulatieve dikte van het grindpakket op deze locatie, kunnen de gegevens wel gebruikt worden als schatting van de minimale en maximale cumulatieve dikte van het grindpakket (zie Figuur J.1 in Bijlage J). Er kan eventueel worden overwogen sterk tot uiterst grindig zand mee te nemen in de berekening. Uiterst grindig zand bevat maximaal 30% grind. Dit is echter bij de berekeningen in deze rapportage achterwege gelaten. Boringen met een uitzonderlijk grote cumulatieve grinddikte van meer dan 8 meter zijn handmatig op kwaliteit beoordeeld, en, wanneer de kwaliteit twijfelachtig is, uit de dataset verwijderd. Het gaat hierbij om een gering aantal boringen, maar deze kunnen door de grote dikte het interpolatieresultaat wel sterk beïnvloeden.

---

## 3 Resultaten

---

### 3.1 Land

#### **Bijlage C: Diepteligging bovenzijde eerste grindlaag beneden 30 m -mv**

Uit de diepteligging van de eerste grindlaag valt af te lezen dat de grindlagen in de Roerdal Slenk gemiddeld ondiep (in de intervallen 30-40 en 40-50 m) zijn gelegen. In de zone langs de Feldebiss, de randbreuk van de Roerdal Slenk in het zuiden van de provincie Limburg, komt de eerste grindlaag pas in diepere intervallen voor. Uit het voorkomen van de eerste grindlaag in Noord-Nederland (Friesland, Groningen en het noorden van Drenthe), veelal tussen de 50 en 100 m onder maaiveld, is globaal de aanwezigheid van de grindarme Formatie van Peelo af te lezen. In een zone ten zuiden hiervan ligt de eerste grindlaag gemiddeld ondieper, tussen 40 en 50 m onder maaiveld. Significant is ook de ligging van de grindzone in het centrale deel van het IJsselmeergebied op diepten tussen 30 en 50 meter. Dit toont de grove basis van de opvulling van het west-oost georiënteerde glaciële dal uit de voorlaatste ijstijd (Formatie van Drente).

#### **Bijlage D: Gesommeerde grinddikte per interval**

Uit de verschillende grinddikte kaarten valt af te lezen dat de grootste waarden van de gesommeerde grinddikten in de Roerdal Slenk relatief ondiep voorkomen (interval 30 - 40 m). Hoewel de einddiepte van de boringen (zie Bijlage A) met dit patroon vergeleken moeten worden - het aantal boringen dat dieper reikt, neemt progressief af - is het patroon geologisch goed te duiden. De veel grind bevattende Formatie van Beegden ligt hier op de grindhoudende zanden van de Formatie van Sterksel. De reeks kaarten laat duidelijk zien dat vanaf 50 meter onder maaiveld het aantal aaneengesloten diepe grindvoorkomens gering is. Voor een deel is dit toe te schrijven aan het afnemen van het aantal beschikbare boringen met toenemende diepte. Voor het IJsselmeergebied geldt bijvoorbeeld dat de meeste boringen maar tot 50 meter gaan (Bijlage A). Anderzijds is het zo dat, gezien de diepteligging van de grindhoudende formaties er beneden de 50 meter onder maaiveld in het algemeen een kleinere kans bestaat op het aantreffen van grindlagen. De op deze kaarten weergegeven boringen zonder grindlagen vergemakkelijken de interpretatie van de 'witte plekken' (geen grind of geen boordata) in de verschillende voorkomens.

#### **Bijlage E: Gesommeerde grinddikte tussen 30 en 150 m beneden maaiveld**

Deze kaart kan het best in combinatie met de bijlagen D worden geïnterpreteerd omdat dan het belang blijkt van de intervaldiepte waarop het grind voorkomt. De meeste diepe grindvoorkomens bevinden zich aan de bovenzijde van het onderzochte interval tussen 30 en 150 meter onder maaiveld. Voor een deel kan dit worden toegeschreven aan het afnemen van de boorgegevens met de diepte. De totaal gesommeerde dikte van het grind overstijgt overigens maar vrij zelden een waarde van 15 meter.

---

#### **Bijlage F: Samenstelling van het afdekkend pakket boven de eerste diepe grindlaag**

Deze 'taartpuntenkaart' toont in percentages de lithologie van de lagen vanaf maaiveld tot de eerst voorkomende grindlaag beneden 30 meter -mv. De bedekking met zand en grind (Maas- en Rijnafzettingen) in de Roerdal Slenk in Midden-Limburg springt er duidelijk uit. Ook het grind en zandvoorkomen in de 'deklagen' van Oost-Gelderland (Formatie van Urk) komt tot uiting.

### **3.2 Nederlands Continentaal Plat**

#### **Bijlage G: Grind en grindhoudend zand in het dieptebereik 30-60 respectievelijk 60-150 m onder zeebodem**

Over het hele diepte-interval tussen 30 en 150 meter onder de zeebodem van het NCP komen slechts twee boringen voor waarin grindlagen zijn aangetroffen. Van deze twee boringen met grindlagen is de cumulatieve dikte van het grind op de kaarten aangegeven. De dichtheid aan bestaande boringen op het NCP is zeer gering, zoals te zien is aan de kaart waarop ook de boringen die geen grind bevatten zijn afgebeeld. Hoewel het aantal datapunten gering is, lijkt er een verband te bestaan tussen het voorkomen van het grindhoudend zand en de ligging van de glaciale geulen uit de Elsterien ijstijd. Om deze reden is besloten de geulstructuren die op basis van seismiek in kaart zijn gebracht ook af te beelden op de kaart. In één van de geulopvullingen is, in het interval 30 -60 m, een 3.30 m dik (cumulatieve dikte) pakket grind aangetroffen.



---

## 4 Interpretatie en synthese

---

### 4.1 Inleiding

De basis voor dit hoofdstuk vormt de kaart in bijlage H die de in dit onderzoek aangetroffen diepe grindvoorkomens relateert aan hun geologische herkomst om zo tot een inschatting van qua diepe grindvoorkomens kansrijke gebieden te komen. Aan deze inschatting gaat een omschrijving van de voor diepe grindafzettingen relevante geologische deelgebieden en geologische formaties vooraf. De dichtheid aan beschikbare boorgegevens laat het toe een dergelijke inschatting te maken voor het interval tussen 30 en 60 meter onder maaiveld. Voor de grindvoorkomens beneden de 60 meter onder maaiveld en op het NCP geldt dat de dichtheid aan bestaande boorgegevens te gering is om uitspraken te doen over de verbreiding van mogelijke diepe grindvoorkomens. Het hoofdstuk wordt afgesloten met een toelichting over grindherkomst en grindkwaliteit.

### 4.2 Geologische deelgebieden van de diepe grindvoorkomens

De opbouw van de Nederlandse ondergrond gedurende het Kwartair, als onderdeel van de opvulling van het langzaam dalende zuidelijke Noordzeebekken, is grotendeels bepaald door rivierafzettingen van Rijn en Maas enerzijds en Baltische en 'oostelijke' (brongebied onder meer de Duitse Middelgebergten) rivieren anderzijds. De sedimenten van deze riviersystemen bestaan voor het merendeel uit zand, al of niet grindhoudend, afgewisseld met kleilagen. Met name in afzettingen van de Laat-Pleistocene Maas komt grind voor in laagdikten van economische betekenis (orde van grootte: 1-15 meter). Ook de afzettingen van de Rijn zijn sterk grindhoudend, maar de dikten van de grindlagen zijn geringer (orde van grootte: enkele decimeters tot een paar meter). Het grind in de Rijnafzettingen komt voor een belangrijk deel voor als verspreide componenten in een grofzandige matrix.

In de Baltische en oostelijke rivierafzettingen hebben de grindlagen in het algemeen geringe dikten (orde grootte: enkele decimeters) en behoort het grind meestal tot de fijnere korrelgrootteklassen. Over de laterale verbreiding van de grindlagen in deze afzettingen is weinig bekend, maar deze verbreiding wordt in de meeste gevallen als gering verondersteld. Een uitzondering vormen een drietal stenenlagen met een meer dan lokale, maar moeilijk te karteren verbreiding aan de top van de Formatie van Peize ('Hattem lagen', zie paragraaf 4.2).

Op basis van de verschillen in herkomst van het materiaal (en dus verschillen in mineralogische samenstelling), en op basis van de verschillen in fluviatiele facies en een verschillende geologische geschiedenis (onder meer de eventuele glaciale beïnvloeding) kunnen de grindhoudende afzettingen in de Nederlandse bodem tussen 30 en 150 meter onder maaiveld globaal in vier grote eenheden worden onderverdeeld. Op de synthesekaart van Bijlage H worden dan ook de volgende vier geologische deelgebieden aangegeven:

- I. Noord - Nederland met in de laagopbouw onderin de Baltische en oostelijke grindcomponenten en daarboven de grindhoudende afzettingen van het Rijnsysteem,
- II. Midden- Nederland met een deels verstoorde opeenvolging van laagpakketten, ontstaan door glaciale processen (stuwwalvorming) gedurende de voorlaatste ijstijd. In dit gebied wordt, naast afzettingen van Baltische/oostelijke en zuidelijke herkomst (Rijn-Maas), lokaal ook glaciaal grind aangetroffen dat is meegevoerd met het landijs (brongebied: Scandinavië; ).
- III. Het 'Roerdal Slenk Systeem' met afzettingen van overwegend Rijn- en Maascomponenten.
- IV. De randzone van het Massief van Brabant, het Kempisch Hoog en Zuid-Limburg, gekenmerkt door het vrijwel ontbreken van grind in het beschouwde diepte-interval.

Tabel 4.1 geeft een overzicht van de geologische formaties waaraan de diepe grindvoorraden in de Nederlandse ondergrond kunnen worden toegeschreven. In paragraaf 4.2 wordt bij de synthese van de grindvoorkomens tussen 30 en 60 meter onder maaiveld, indien bekend of vermoed, een verband gelegd met de geologische geschiedenis van de grindvoorkomens binnen een bepaald deelgebied en de omringende afzettingen. Voor het indelen van diepe grindvoorkomens in geologische formaties is gebruik gemaakt van de recent gereedgekomen lithostratigrafische indeling voor de Tertiaire en Kwartaire afzettingen in Nederland (Weerts et al. 2000). Ter vergelijking is in Tabel 4.1 ook de oude indeling van Zagwijn en Van Staalduinen (1975) opgenomen.

**Tabel 4.1: Lithostratigrafische eenheden van de Nederlandse ondergrond en hun genese die van toepassing zijn voor dit onderzoek naar diepe grindvoorkomens. In elk van de afgebeelde eenheden komt grind en grindhoudend grof zand voor. De ouderdom van de afzettingen loopt van onder (oud) naar boven (jong). Schema naar Weerts et al. (2000) en Zagwijn & Van Staalduinen (1975).**

Formaties volgens Weerts et al. (2000)	Formaties volgens Zagwijn & van Staalduinen (1975)	Afzettingssysteem
Kreftenheye	Kreftenheye, uitgezonderd "Maas" Kreftenheye	Rijn
Drente	Drente	Landijssmeltwater
Urk	Urk, uitgezonderd "mengzone")	Rijn
Peelo	Peelo	Landijssmeltwater
Appelscha	Enschede, uitgebreid met "mengzone" en zonder deel beneden de "Hattem"-lagen	Baltisch riviersysteem
Peize	Harderwijk, uitgebreid met deel Enschede beneden de "Hattem" lagen en met grootste deel van Scheemda	Baltisch riviersysteem
Sterksel	Sterksel	Rijn
Waalre	Tegelen en "Rijn" deel van Kedichem	Rijn
Beegden	Veghel, uitgebreid met "Maas" Kreftenheye	Maas
Kiezeloöliet	Kiezeloöliet	Proto Rijn-Maas



### 4.3 Synthese diepgrind land: interval 30 tot 60 meter onder maaiveld

Door de gegevens met betrekking tot de diepteligging en de dikte van grindlagen, zoals weergegeven op de kaartbijlagen C en D, te combineren kan per deelgebied een beeld worden geschetst van het voorkomen van grindlagen in bepaalde intervallen. Gezien de meestal grote afstand tussen de boringen (enkele kilometers) waarin grind wordt aangetroffen en het uit ontsluitingen bekende lensvormige karakter van grindlagen (vaak ingeschakeld in grove, grindhoudende zanden), is het in het algemeen niet zinvol om op een schaal van 1: 1 000 000 een contourbeeld van de dikte van het grind samen te stellen. Wel kan uit de kaartbijlagen C en D duidelijk worden afgelezen waar geen grindlagen voorkomen en waar het totaal aan grindlagen slechts een geringe dikte bereikt. Ook kan, heel globaal, per deelgebied en per intervaldiepte een aantal voorkomens van grindlagen worden aangegeven. Van elk van deze voorkomens, waarvan de globale begrenzing is weergegeven op kaartbijlage H, wordt een beknopte karakteristiek gegeven. Hierbij wordt de lithostratigrafische positie vermeld, die de grindlagen innemen (geologische formatie of formaties; vergelijk Tabel 4.1), alsmede de globale samenstelling en de cumulatieve dikte van de grindlagen. Per voorkomen wordt een indicatie aangegeven van de meest grindige intervallen. Ook wordt de van het afdekkend pakket ('overburden') aangegeven in termen van globale percentages zand, klei, en grind en afzettingen van organische oorsprong. De 'overburden' bestaat uit de lagen tussen het maaiveld en de eerst voorkomende laag grind dieper dan 30 meter onder maaiveld (zie kaartbijlage F).

#### 4.3.1 Deelgebied I Noord Nederland

In dit gebied zijn in het diepte-interval tussen 30-60 meter onder maaiveld maar weinig boringen grindlagen aangetroffen. De hier voorkomende grindlagen zijn meestal dunne grindlenzen in de Formatie van Urk. De gesommeerde dikte van de grindlagen per 10 meter interval bedraagt in het algemeen minder dan 2 meter. Hoewel de dichtheid van de boorgegevens (clustering in klein gebied tegenover geringe dichtheid van boringen op andere locaties), hier soms een vertekenende rol speelt, kan in dit deelgebied, zeer globaal, een tweetal arealen worden begrensd waar grindlagen zijn aangetroffen.

#### Voorkomens ten oosten van de steden Groningen en Assen (I.1 in Bijlage H)

Het betreft grindlenzen in de Formatie van Urk, die vanwege enige scheefstelling door zouttektoniek boven twee zoutdomes, relatief ondiep voorkomen, en grindhoudende grove zanden van de Formatie van Drente (aan de basis van het Hunzedal). Het gaat om dunne grindlagen (cumulatief meestal < 2m dik). Hoofdzakelijk fijn tot matig grof grind van zuidelijke origine (Rijn). De meest grindrijke intervallen zijn hier 30-40 en 40-50 m. De 'overburden' (kaartbijlage F) laat een gevarieerd beeld zien van leem en zandpercentages. Twee locaties vallen op door het grote aandeel, bijna 50 %, aan grindlagen in de overburden.

#### Strook in het zuiden van de provincie Drenthe (I.2 in Bijlage H)

Voorkomen van lagen fijn tot uiterst grof grind, soms stenen van ca 8 tot 15 cm, in grove grindhoudende zanden van de Formatie van Urk. Hieronder komt fijn grind uit de Formatie van Appelscha en de Formatie van Peize voor. De dikte van de afzonderlijke grindlagen bedraagt meestal slechts enkele decimeters. De cumulatieve dikte in het rijkste interval tussen 40-50m bedraagt < 4m. De noordelijke begrenzing van dit voorkomen wordt globaal bepaald door de zuidelijke verbredingslijn van de Formatie van Peelo. Deze laatste



---

formatie bevat overwegend klei en zand; ondergeschikt kan, met name in de diepe geulopvullingen, grind voorkomen.

Brongebieden van het grind: deels oostelijk (Formatie van Appelscha en Formatie van Peize), deels zuidelijk (Formatie van Urk: Rijngrind). De 'overburden' bestaat hoofdzakelijk uit zand (maximaal 10 % klei/leem lagen)

#### **4.3.2 Deelgebied II: Midden-Nederland**

Dit gebied omvat een groot deel van Overijssel, het grootste deel van de provincie Gelderland (gebied van de al of niet begraven stuwwallen en tussengelegen bekkens), Flevoland, een deel van de provincie Utrecht (Utrechtse heuvelrug) en Noord-Holland (Gooi en begraven stuwwallen). Bij de interpretatie van de puntgegevens dient rekening te worden gehouden met (1) het verschil in dichtheid van de data op delen van de stuwwallen (clusters van boringen in waterwingebieden) en de (2) mogelijkheid van scheve aansnijding van de lagen in gestuwde positie, waardoor een vertekening van de grindvoorkomens en de dikte ervan wordt bewerkstelligd. Er worden ruwweg drie gebieden met voorkomens van grindlagen onderscheiden.

##### **Het 'Vechtdal' (II.1 in Bijlage H)**

Het zogenaamde 'Vechtdal' is een circa 10 kilometer breed glaciaal dal, dat werd gevormd in de voorlaatste ijstijd in het noorden van Noord-Holland, het IJsselmeergebied en het noorden van Overijssel. Het betreft overwegend grindhoudende zanden van de Formatie van Drente en de Formatie van Kreftenheye met, vooral aan de basis, lagen fijn en grof grind. De grindlagen zijn goeddeels beperkt tot het interval 30-40 meter. De dikte van de grindlagen is gering; cumulatieve dikte bijna altijd < 4m. Het betreft glaciaal grind met vuursteen en kalksteen naast grind van zuidelijke origine (Rijn). De overburden bestaat uit zand en 10-15% klei (klei uit de Eem Formatie en Holocene klei).

##### **Stuwwallen Midden-Nederland: Veluwe, Ede-Wageningen, Nijmegen en Utrechtse Heuvelrug (II.2 in Bijlage H)**

In deze stuwwallen zijn grindhoudende grove zanden van hoofdzakelijk de Formaties van Urk, Sterksel, Appelscha, Peize en Drente aanwezig. De cumulatieve dikte per 10 meter interval bedraagt in de meeste boringen minder dan 4 meter. De verbreiding van de grindlagen is vermoedelijk beperkt. Grindlagen zijn bijna altijd geïsoleerde geulbodemaftzettingen (*Engelse term: channel lags*) met geringe laterale verbreiding. De grindfractie varieert van fijn tot zeer grof. Er is niet echt een interval met grind rijkste lagen te onderscheiden. Het grind is deels van zuidelijke herkomst (Formaties van Urk en Sterksel) en deels van oostelijke herkomst (Formaties van Appelscha en Peize). In de Utrechtse heuvelrug is de stuwingsdiepte geringer dan in de oostelijker gelegen stuwwallen. Op diepten beneden de 40 meter onder maaiveld neemt de gesommeerde dikte van grindlagen hier duidelijk af (zie kaartbijlagen B1-B5). De overburden bestaat uit dekzand afzettingen en gestuwde zanden met lokaal grindige lagen.

##### **De Graafschap/Achterhoek en Montferland (II.3 in Bijlage H)**

In de grindhoudende grove zanden aan de basis van de Formatie van Urk en in de Formatie van Peize (en mogelijk ook de Kiezeloöliet Formatie) komen, deels in gestuwde positie, lagen met grind voor. De verbreiding van de grindlagen, gevormd als geulbodemaftzettingen in rivieren, is vermoedelijk beperkt. De dichtheid van het boringennet wisselt sterk per locatie en is onvoldoende om de precieze begrenzing van de gestuwde lagen aan te kunnen geven. Duidelijk is wel dat de cumulatieve dikte van het grind het grootst is in de begraven stuwwallen in het interval 30-40 meter. Het grind is hoofdzakelijk van zuidelijke

---

herkomst (Rijn) met ondergeschikt wat oostelijk materiaal. De overburden is relatief rijk aan grindlagen (Formatie van Urk).

#### **4.3.3 Deelgebied III Roerdal Slenk Systeem**

Het deelgebied III (de Roerdal Slenk, de Peelhorst en naast gelegen breukblokken) omvat ruwweg Zuid-Holland, een deel van de provincie Utrecht en delen van Noord-Brabant en Limburg. In dit deelgebied worden globaal vier voorkomens van grindlagen onderscheiden. NB. De begrenzing met deelgebied II wordt bepaald door de grens van de (begraven) gestuwde eenheden; zoals te zien aan de strekking van de breuken zet het slenksysteem zich verder in noordwestelijke richting voort.

##### **Roerdal Slenk in oostelijk Noord-Brabant en Midden-Limburg (III.1 in Bijlage H)**

Dit belangrijke voorkomen van grindlagen ligt in het tektonische dalingsgebied, de Roerdal Slenk. Het betreft grindlagen van de Formatie van Beegden. De grindrijkste lagen zijn beperkt tot het interval 30-40 meter, met dikten van meer dan 5 m, langs de oostrand van de slenk en de dieper gelegen, meestal dunne grindlagen gebed in grof zand van de Formatie van Sterksel. De Formatie van Beegden bevat Maasgrind en de Formatie van Sterksel een gemengde Rijn-Maas samenstelling, met een dominantie aan Rijncomponenten. Overburden: in het meest zuidoostelijke deel komt een hoog percentage grindlagen voor; meer naar het noordwesten veelal (fijn) zand met wisselende dikten aan leemlagen.

##### **Venlo breukblokken (III.2 in Bijlage H)**

De hier voorkomende grindhoudende afzettingen behoren hoofdzakelijk tot de Kiezeloöliet Formatie. Het betreft Rijngrind. Door de sterke breuktektoniek, met wisselend verzet van de lagen per blok, is de laterale verbreiding van de grindlagen (cumulatief soms > 2m dik) beperkt. De overburden is zeer gevarieerd met wisselende percentages grind, zand en klei per boring.

##### **Zuidrand Roerdal Slenk langs 'Feldbiss' (III.3 in Bijlage H)**

De grindhoudende afzettingen behoren tot de Kiezeloöliet Formatie, dit zijn kwartsrijke afzettingen van Rijn en Maas. De gesommeerde dikte van de grindlagen bedraagt meestal minder dan 4m. Het meest grindige interval loopt van 30-40 m. De overburden is gevarieerd met wisselende dikten van löss, zand en grind.

##### **Begraven Urk-dal in Zuid-Holland (III.4 in Bijlage H)**

Lithostratigrafische positie, samenstelling, dikte en aard van het afdekkend pakket. In Zuid-Holland komt ter hoogte van Gouda-Wassenaar een gelimiteerd begraven dalsysteem van de Rijn voor waarin grindhoudende grove zanden van de Formatie van Urk aanwezig zijn. De overburden bevat lokaal een hoog percentage (>25%) klei.

#### **4.3.4 Deelgebied IV Randzone Massief van Brabant en Zuid-Limburg**

In dit deelgebied komen zeer weinig grindlagen voor in het interval dieper dan 30 meter onder maaiveld. In Zuid-Limburg zijn er een paar locaties met grind, maar de overburden is vaak ongunstig (löss). In Zuid-Holland of Zeeland kan lokaal een dun laagje strandgrind uit oudere (Vroeg-Pleistocene en Tertiaire) mariene afzettingen worden aangetroffen.



---

#### 4.4 Synthese diepgrind land: intervallen 60 tot 150 m

De kaartbeelden van de intervallen 60-100 meter en 100 tot 150 meter onder maaiveld (kaartbijlagen D4 en D5) worden zeer sterk bepaald door de spreiding en ligging van het aantal boringen dat tot deze diepten reikt. Het is daarom moeilijk om de voorkomens van grindlagen aan de hand van deze kaartbeelden te interpreteren. Wel kan uit de gegevens worden afgeleid dat de gesommeerde dikte aan grindlagen in het interval 60-100 meter maar zelden meer dan 10 meter bedraagt. In het interval 100-150 meter zijn de grindlagen hoofdzakelijk beperkt tot de Roerdal Slenk en de omgevende dalingsgebieden van Midden- Nederland. De aan grindlagen rijkste formatie (Formatie van Beegden) reikt evenwel niet tot deze diepten en het betreft vooral grindlenzen in de Formatie van Waalre en de Kiezeloöliet Formatie.

#### 4.5 Synthese diepgrind zee; voorkomens diepe grindlagen op het NCP

In het zuidelijk deel van het NCP komt op de gekozen diepten vrijwel geen grind voor. Alleen in het centrale en noordelijk deel van het NCP (zie kaartbijlage G) bevatten de fluviatiele en deltaïsche sedimenten van de Yarmouth Roads Formatie en de geulopvullingen van de Swarte Bank Formatie in het dieptebereik 30-150 m onder zeebodem grindhoudend zand en bij uitzondering grindlagen. Boven in het dieptebereik, zo rond de 30 m onder zeebodem, kan plaatselijk keileem (met verspreid wat grind of stenen) voorkomen. Grind als hoofdgrondsoort is echter niet in deze lagen aangetroffen. Elders in het dieptebereik kan plaatselijk wat grind als hoofdgrondsoort aanwezig zijn.

De *Yarmouth Roads Formatie* bestaat uit fijn- tot matig grof zand met glimmerhoudend klei en zand-klei afwisselingen. Op seismische profielen zijn vele geulen en geultjes te onderscheiden, die hoofdzakelijk op fluviatiele en/ of estuariene afzettingen wijzen. De afzettingen dateren uit het Vroeg - en Midden Pleistoceen ( tot vroeg-Elsterien). De geulstructuren zijn aangegeven in Bijlage G. Het equivalent van de Yarmouth Roads Formatie op het land wordt gevormd door de Formatie van Waalre, de Formatie van Peize en de Formatie van Appelscha (zie Tabel 4.1). Verder komen overal in de formatie plantenresten voor; hier en daar zijn verspreid voorkomende fijne vuursteen- en kwartsietgrindjes en verweerde schelpen aanwezig. Ten noorden van de Waddeneilanden is op 34 m onder zeebodem rivierzand met kwartsrijk grind aangetroffen. Het merendeel van de afzettingen uit deze formatie is gevormd op het onder water gelegen deel van de uitbouwende delta's (pro-delta afzettingen) van het Baltische riviersysteem.

De *Swarte Bank Formatie* vormt de opvulling van de diepe glaciale dalen uit het Elsterien (Midden-Pleistoceen). Onder in de dalen bestaat de formatie vermoedelijk uit zand, siltige klei en misschien keileem en ook uit slecht gesorteerd, grindrijk grof zand dat vrijwel gelijktijdig met de insnijding van de dalen is afgezet. Dit laatste is echter niet in boringen aangetroffen. Bovenin bevat de formatie gelaagde sedimenten en stugge klei. Buiten de glaciale geulen bevat de formatie stugge klei, fijn zand en silt. De Swarte Bank Formatie is het equivalent van de Formatie van Peelo op het land.



---

## 4.6 Grindherkomst en grindkwaliteit

### 4.6.1 Rijn- en Maasgrind

De samenstelling, grootte en de vorm van de grindcomponenten zijn afhankelijk van geologische condities tijdens en na afzetting van het grind. Het gaat daarbij onder meer om de herkomst, de transportwijze en de ouderdom van het materiaal. Er bestaan significante verschillen tussen het grind dat door de Maas en het grind dat door de Rijn is aangevoerd. Dit is een gevolg van de verschillende gesteenten die in de brongebieden van beide rivieren voorkomen. In Rijngrind komt meestal minder vuursteen voor dan in Maasgrind. Kalksteen komt wel in Maasgrind voor, maar niet in Rijngrind. In het algemeen bevatten Rijngrinden gemiddeld meer kwartscomponenten dan Maasgrinden. Er bestaat in zowel de Maas- als in de Rijngrinden een direct verband tussen de hoeveelheid gangkwarts in de grindcomponenten en de ouderdom van de afzetting. Hoe ouder het sediment, hoe meer gangkwarts erin voorkomt. Een belangrijk verschil tussen het grind in de Rijnafzettingen en het grind in de Maasafzettingen is verder de grofheid van de componenten: de proximale afzettingen van de Maas zijn rijker aan grove grinden, stenen, keien en blokken dan de meer distale afzettingen van de Rijn (proximaal is nabij het brongebied; distaal is verder afgelegen van het brongebied van de rivieren).

### 4.6.2 Grind uit het Balticum en de oostelijke rivieren

Het grind uit de Baltische en oostelijke toevoer heeft een hoog gehalte aan 'restkwarts' (transparante kwarts), afkomstig uit de verwerking van kristallijne gesteenten in het Oostzeegebied. Het grind behoort overwegend tot de fijne korrelgrootteklasse (2 tot 5,6 mm). Een belangrijke uitzondering op deze algemene regel zijn de zogenoemde 'Hatter lagen', voorkomend in de Formatie van Peize in de stuwwal van de oostelijke Veluwe (Zandstra, 1971; Weerts et al., 2000). De 'Hatter lagen' vormen een drietal (of meer) over enige afstand doorlopende stenenconcentraties, waarvan de genese in verband wordt gebracht met een glaciatie aan het eind van het Vroeg-Pleistoceen. De precieze verbreiding van deze stenenlagen is niet bekend, maar de omvang en dikte van het pakket wordt gering geacht. Ook in de Formatie van Appelscha (voorheen Formatie van Enschedé) komt lokaal matig grof tot zeer grof grind voor. Kenmerkende bestanddelen zijn o.m. porfier, graniet, lydiet, radioliet, 'Malmkwartsiet' en bontzandsteen (Zandstra, 1977).

### 4.6.3 Glaciaal grind

Grind dat voorkomt in gesteentecomponenten die door het landijs zijn aangevoerd en/of zijn afgezet in smeltwaterstromen, heeft een andere samenstelling, die de Precambrische (hoofdzakelijk graniet en porfier) en Paleozoïsche gesteenten (o.m. Silurische kalksteen) uit brongebieden in Scandinavië en het Oostzeegebied representeren. Het door glaciële processen meegevoerde grind is meestal hoekiger (minder goed afgerond) dan de grindcomponenten die door rivieren zijn verplaatst.

### 4.6.4 Grindonderzoek

Het grindonderzoek in Nederland heeft in de afgelopen decennia vooral als doel gehad om informatie te verzamelen over de herkomst van de afzettingen en indirect ook over de ouderdom en stratigrafische positie van de afzettingen. Bij het grindonderzoek dat is uitgevoerd door voorheen de Rijks Geologische Dienst is de zeeffractie 3-5 mm als basis genomen. Bij de analyses werd uitgegaan van ongeveer dertig gesteentetypen, waarvan er een zestal in hoge percentages in de totale grindsom kunnen voorkomen: witte kwarts (gangkwarts), overige (= transparante) kwarts ook wel restkwarts genoemd, niet gerolde vuursteen, overig kristallijn (o.m. graniet), rest diverse

---

(sedimentaire) gesteenten en kalksteen. De onderlinge verhouding, waarin twee of drie van deze gesteentetypen voorkomen, vormt de basis van de grindtypenindeling (Zandstra 1959; 1977).

De voor de diepgrindinventarisatie belangrijkste associaties van gesteentetypen zijn de Rijn-Maas groep en de Noordoostelijke associatie. In de Rijn-Maas groep komt gemiddeld 65 % kwarts voor (42 % gangkwarts) en in de Noordoostelijke associatie 75 tot 95 % kwarts (waarvan meer dan 60 % transparante kwarts).

#### 4.6.5 Grindkwaliteit

Het grind in de bodem van Nederland komt voor als klastische component in een mengsel van zand, silt en of klei. De kwaliteit van het grind en daarmee de kwaliteit van beton, betonwaren en andere producten waarin grind wordt verwerkt, hangt sterk af van de samenstelling, grootte en vorm van de grindcomponenten. Een belangrijk criterium voor de kwaliteit van de grindcomponenten is het kwartspercentage. Hoe hoger het aandeel van het chemisch stabiele kwarts, hoe beter in het algemeen de kwaliteit van het grind. Het kwartspercentage van grindcomponenten kan in de oudste grindhoudende laagpakketten (Kiezeloöliet Formatie, Laagpakket van Waubach uit het Laat-Pliocene; fractie 5- 20 mm) oplopen tot meer dan 90 (Felder, 1989). In veel jongere grindhoudende eenheden (bijvoorbeeld de Formatie van Kreftenheye, Laat-Pleistoceen) bedraagt het percentage kwarts niet meer dan 50 (Verbraeck, 1984). De kwaliteit van het grind wordt negatief beïnvloed door de aanwezigheid van veel minder stabiele componenten. Kalksteen is chemisch oplosbaar en sommige soorten graniet verweren relatief snel. Tenslotte kunnen ook minerale en organische aanrijkingen in het grind, zoals leem, klei, ijzer-, kalk- en mangaanverbindingen, en niet te vergeten hout, afbreuk doen aan de kwaliteit. Deze kunnen door behandeling (schrobben, wassen en zeven) meestal wel uit het sediment verwijderd worden, maar deze bewerkingen verhogen de productiekosten.

Wat betreft de bouwtechnologische eisen die aan grind gesteld worden in de huidige regelgeving in Nederland en Europa, onder meer met betrekking tot de toeslagmaterialen voor beton(mortel) en wegverharding, is de informatie uit de boorbeschrijvingen in DINO in het algemeen onvoldoende. In het kader van, bij voorbeeld, de gevoeligheid voor Alkali-silicareactie is het gehalte aan poreuze vuursteen, chalcedoon en opaal van belang. Hiervoor dient separaat specialistisch (geochemisch; microscopisch) onderzoek aan geselecteerde, kwalitatief zeer goede boormonsters plaats te vinden.



---

## 5 Gebieden met diepe grindvoorkomens

---

### 5.1 Inleiding

Met het kaartmateriaal van deze studie (Bijlage C, D en E), op basis van bestaande boorgegevens, kunnen enkele gebieden van diepe grindvoorkomens worden aangeduid. Feitelijk zijn de belangrijkste gebieden met diepe grindvoorkomens in het interval 30-60 meter, beperkt tot de Roerdal Slenk (gebied III.1 op kaartbijlage H), het breukblok bij Venlo (gebied III.2 op kaartbijlage H) en een klein gebied in Zuid-Limburg (gebied III.3 op kaartbijlage H).

Het meest omvangrijke gebied met diepe grindvoorkomens is een zone langs de Peelrandbreuk. Hier bedraagt de cumulatieve dikte van het grind, over een interval van 10 meter veelal meer dan 5 meter (Formatie van Beegden). Ook in het onderliggende pakket van de Formatie van Sterksel (tot 60 meter diep) komt relatief veel grind voor in laagpakketten van grindhoudend grof zand.

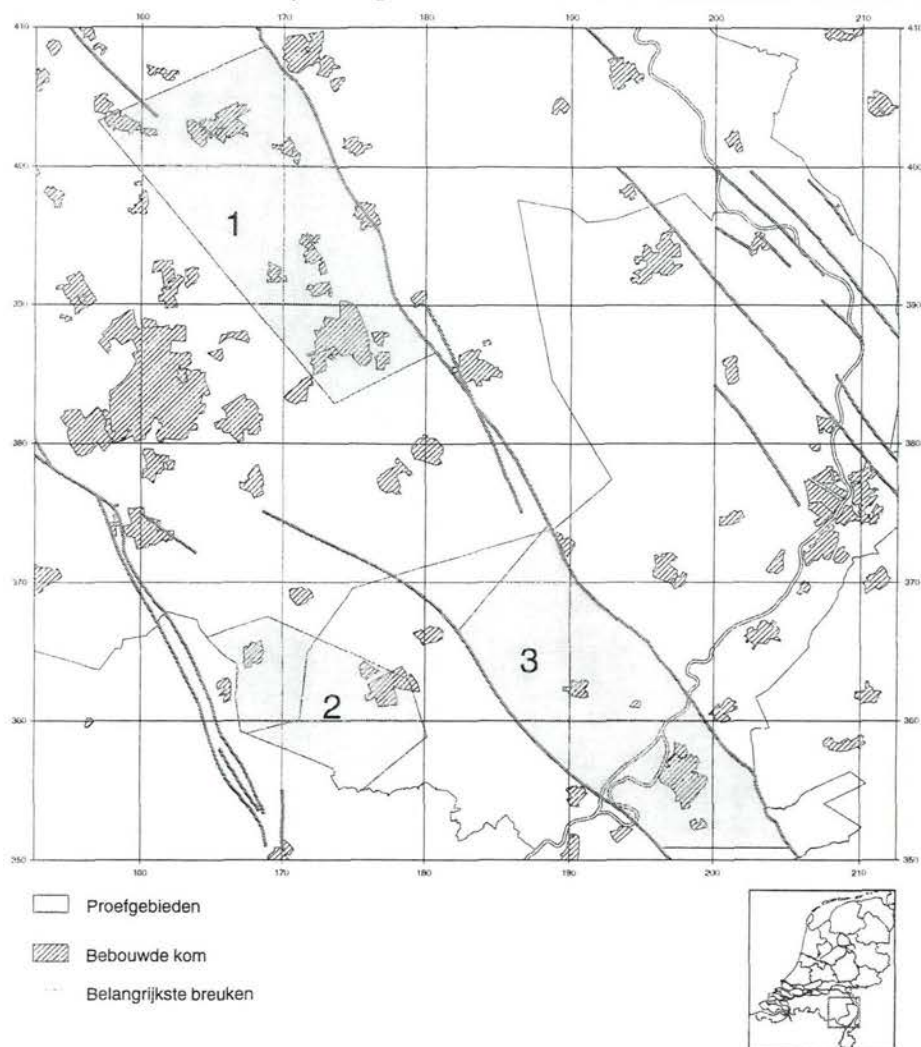
Alle gesignaleerde voorkomens van diepe grindlagen in de geologische deelgebieden Noord (I) en Midden (II) moeten worden beschouwd als verspreide voorkomens van grind in een matrix van (grof) zand. De gesommeerde dikte van de grindlagen in de intervallen 30-40, 40-50 en 50-60 meter bedraagt meestal minder dan 2 m per interval en tussen de boringen met grind komen grote 'witte vlekken' (boringen zonder grindlagen) voor. Op het NCP kunnen in het beschouwde diepte-interval in het geheel geen gebieden met substantiële grindvoorkomens worden aangewezen.

### 5.2 Volumeberekeningen grind in geselecteerde gebieden

Uit de Bijlagen C t/m E blijkt dat de rijkste diepe grindvoorkomens geconcentreerd zijn in en rond de Roerdal Slenk in Noord-Brabant en Midden Limburg. Van een drietal deelgebieden binnen de Roerdalslenk zijn volumeberekeningen van de aanwezige hoeveelheid diepe grindvoorkomens gemaakt. Figuur 5.1 geeft de ligging van deze drie proefgebieden (1, 2 en 3) weer. De gebieden zijn geselecteerd op grond van informatie uit de puntenkaarten, aangevuld met geologische informatie. De grenzen van de proefgebieden zijn (rand-)breuken van de slenken, landsgrenzen en/of grenzen die arbitrair zijn getrokken tussen dikke cq. dunne grindvoorkomens. De volumeberekening voor de drie proefgebieden is uitgevoerd voor de intervallen 30-40 en 40 tot 50 meter onder maaiveld. Voor diepere intervallen is het, gezien de sterke afname van de gegevensdichtheid én gezien het in mindere mate voorkomen van grindhoudende formaties niet zinvol om het volume aan grind te benaderen.



## Lokaties van de proefgebieden



Figuur .5.1 Locaties van de drie gebieden waarvoor volumeberekeningen zijn uitgevoerd.

Tabel 5.1: Volumes van het grindpakket in drie proefgebieden, berekend uit boringen en middels interpolatie.

Gebied	Diepte	Oppervlakte (km <sup>2</sup> )	Aantal boringen	Gem. dikte (boringen, m.)	Volume (boringen, miljoen m <sup>3</sup> )	Gem. dikte (interpolatie, m.)	Volume (interpolatie, miljoen m <sup>3</sup> )*
1	30-40	270	283	1.43	387	1.93	521
2		109	143	1.06	116	1.68	184
3		230	271	2.57	591	2.87	660
1	40-50	270	190	0.19	51	1.31	354
2		109	102	0.95	104	1.50	164
3		230	102	1.76	404	2.78	640

\*een ruwe schatting in tonnen is te verkrijgen door het volume te vermenigvuldigen met een dichtheid van 1.8 à 2.0 ton per m<sup>3</sup>

Voor de volumeberekening is gebruikgemaakt van indicator kriging. Met deze methode kunnen naast harde boorgegevens (boringen die het beoogde interval geheel doorboren) ook zachte boorgegevens (doorboren het beoogde interval maar ten dele) worden meegewogen in de volumeberekening. De methodiek van de volumeberekening wordt nader toegelicht in Bijlage J. De kaarten in Bijlagen I laten voor de drie proefgebieden de berekende grinddiktes zien voor twee diepte-intervallen 30-40 en 40-50 meter onder maaiveld. De gebruikte boringen zijn in drie klassen weergegeven: interval doorboord en dikte grind > 0 (stip), interval doorboord en dikte grind = 0 (kruis), en interval niet geheel doorboord (driehoek). De gebruikte gridgrootte is 1×1 kilometer. Bij alle proefgebieden valt het grote areaal op met een grinddikte van nul tot twee meter (in deze klasse vallen alle 'kruis'-boringen). Tabel 5.1 toont de resultaten van de berekende diktes en volumes per proefgebied, met zowel de resultaten van de boorgegevens (alleen harde boringen) als van de interpolatie (inclusief zachte boringen). De geïnterpoleerde grinddiktes zijn weergegeven op de kaarten in Bijlagen I.

Proefgebied 1 kan als het gebied met de hoogste geschiktheid voor grindwinning worden beschouwd gezien de relatief gunstige aard van de 'overburden' (overwegend zand en grind ; vergelijk Bijlage F) en gezien de grootste gesommeerde dikte van de voorkomende grindlagen. In gebied 1 zijn namelijk de grotere grinddiktes te vinden in het zuidelijk deel (30-40 meter), en in het midden (40-50 meter). In gebied 2 wordt relatief het minste grind aangetroffen. Hier zijn de grootste diktes aan de zuidwestkant te vinden. Gebied 3, gelegen in de Slenk, is het rijkst aan grind, in beide diepte-intervallen. Van 30 tot 40 meter liggen de rijkste voorkomens vooral aan de zuidwestrand, van 40 tot 50 meter aan de noordkant.

De kaarten in bijlage I laten zien dat binnen de drie proefgebieden de boorgegevens sterk heterogeen zijn verspreid. Daarom moeten de geschatte volumes en met name de kaarten met zorg en voorbehoud geïnterpreteerd worden. Dit voorbehoud wordt ondersteund door de soms grote verschillen in volume, zoals berekend uit boringen alleen, en uit interpolatie (zie Tabel 5.1). Het verschil is meestal een factor 1.1 tot 1.6, met als uitschieter gebied 1, diepte 40-50 meter (6.9). Deze verschillen worden in het algemeen veroorzaakt door de sterke clustering van boringen zonder grind op sommige locaties. In gebied 1 zijn bijvoorbeeld drie grote clusters van boringen zonder grind aanwezig (ruwweg in het noorden, midden en zuidoosten van het gebied). De kleine gemiddelde grinddikte uit de boringen wordt sterk beïnvloed door deze groep. Voor een beter interpolatieresultaat zijn meer en vooral beter gespreide boringen over het gebied nodig. Dit probleem speelt in meer of mindere mate in alle gebieden.

### 5.3 Grindkwaliteit in de geselecteerde gebieden

Over de kwaliteit van het grind in de voor de volumeberekening geselecteerde gebieden kan zonder nader onderzoek naar de samenstelling en de bijmengingen slechts globale informatie worden gegeven.

Aan de zuidwestkant van de Peelrandbreuk, de noordoostelijke begrenzing van de Roerdal Slenk, ligt een 15 tot 25 meter dik pakket grof zand en grind dat behoort tot de Formatie van Beegden. Dit zijn afzettingen van voorlopers van de Maas gekenmerkt door het voorkomen van matig grof en uiterst grof grind. Naar het zuidwesten toe wiggende deze afzettingen uit tegen de grindhoudende grove zanden van de Formatie van Sterksel (afzettingen van voorlopers van de

---

Rijn). Het grind in de Formatie van Sterksel behoort overwegend tot de klassen fijn en matig grof grind.

Gezien het feit dat het merendeel van de grindvoorkomens in de Roerdal Slenk in het interval 30 tot 60 meter onder maaiveld behoort tot beide bovengenoemde formaties, kan worden verondersteld dat het totaal kwarts in de fractie van het fijne grind zal variëren tussen ca 50 (Formatie van Beegden) en ca 70 % (Formatie van Sterksel). Het gehalte aan vuursteen bedraagt in de afzettingen van de Formatie van Sterksel waarschijnlijk minder dan 1 %; in het grind van de Formatie van Beegden kan het gehalte aan vuursteen oplopen tot ongeveer 10 %. De rest aan sedimentaire gesteenten (onder meer paleozoïsche zandsteen) in deze zelfde fractie zal ongeveer 10 tot 20 % bedragen. Deze cijfers dienen als niet meer dan indicatief worden beschouwd. De getallen zijn afgeleid uit de gemiddelde samenstelling van het Rijn-Maas grindgezelschap (Zandstra, 1977: Tabel IV) en uit de grindtellingen verricht aan boormonsters en ontsluitingen op het kaartblad 39: Tiel West en Oost (Verbraeck, 1984: figuren 14, 17 en 19).



---

## 6 Conclusies en aanbevelingen

---

### 6.1 Conclusies

De diepe grindvoorkomens in de ondergrond van het vasteland van Nederland in het interval 30-150 meter onder maaiveld (landdeel) kunnen globaal worden onderverdeeld in een viertal geologische deelgebieden:

deelgebied I Noord Nederland

deelgebied II Midden Nederland

deelgebied III Roerdal Slenk Systeem

deelgebied IV Randzone Massief van Brabant en Zuid-Limburg

Het meest omvangrijke gebied met diepe grindvoorkomens is aangetroffen in deelgebied III. Het gaat om een ongeveer 10 kilometer brede zone, in het interval 30 tot 50 meter onder maaiveld, langs de oostelijke rand van de Roerdal Slenk systeem. Ook in het overige deel van de Roerdal Slenk in Noord-Brabant en Limburg en op de zogenoemde 'Venlo blokken' zijn enkele diepe grindvoorkomens aangetroffen. Deelgebieden I (Noord) en II (Midden) omvatten enkele verspreide voorkomens van grindlagen. Het grind is hier in het algemeen een bijproduct in een matrix van (grof) zand. In deelgebied IV (Zuidwest-Nederland en Zuid-Limburg) komen in het beschouwde interval vrijwel geen grindlagen voor.

Met nadruk wordt er op gewezen dat door de schaal en weergave van de puntgegevens de kaartbijlagen een vertekening van de werkelijke voorkomens aan grindlagen geven. De gepresenteerde kaartbeelden zijn bedoeld ter ondersteuning van een globaal, landelijk overzichtsbeeld van de grindvoorkomens. De overzichtskaarten zijn niet bedoeld voor regionale of lokale studies van de grindvoorkomens. Vanwege het relatief geringe aantal boringen dat dieper dan 60 meter reikt, kunnen over het voorkomen van grindlagen in het dieptebereik 60-150 meter slechts zeer globale uitspraken worden gedaan. Gezien de verbreiding en diepteligging van de grindhoudende formaties kan worden vermoed dat naar de diepte toe een steeds geringer aantal grindlagen zal worden aangetroffen.

In het dieptebereik van 30 tot 150 m beneden zeebodem op het Nederlands deel van het Continentaal Plat zijn geen aaneengesloten grindlagen aangetroffen. Het grind is bijna altijd aanwezig in lagen grindhoudend zand. Grind komt in de bodemlagen van het Nederlands deel van het Continentaal Plat voor in:

- keileem, boven in het dieptebereik van 30 – 150 m, en vermoedelijk deels als opvulling van de Elsterien dalen (voor zover de bodem van de dalen niet veel dieper is dan 150 m). Deze afzettingen behoren tot de Swarte Bank Formatie;
- fluviatiele en deltaïsche sedimenten van de Yarmouth Roads Formatie.

Van een drietal proefgebieden binnen deelgebied III zijn door middel van interpolaties aan boorgegevens indicatieve schattingen gemaakt van de geologische reserves aan diepe grindvoorkomens tussen 30 en 50 meter onder maaiveld. Vanwege de onevenwichtige spreiding van de boorgegevens

---

(enerzijds clustering tegenover grote gebieden zonder boringen) kunnen slechts globale uitspraken over de volumina grind in deze proefgebieden worden gedaan.

## 6.2 Aanbevelingen

Nader, locatiespecifiek onderzoek aan de diepe grindvoorkomens in het Roerdal Slenk Systeem (deelgebied III) kan leiden tot meer nauwkeurige afbakening van de grindvoorkomens in deze gebieden. Daarbij zou ook beter inzicht ontstaan in de verbreiding van diepe grindlagen in het overige deel van de Roerdal Slenk in Noord-Brabant en Limburg en op de zogenoemde 'Venlo blokken'.

Om een beter inzicht te verkrijgen in de werkelijke hoeveelheden grind in de diepe grindvoorkomens zou een inventarisatie van de voorkomens sterk grindhoudende zanden (met 15 tot 30 % grind), in combinatie met de voorkomens van grindlagen, uitermate nuttig zijn. Uit globale inventarisaties is bekend dat het hier gaat om een substantieel volume aan grind.

Indien tot nader gebiedsspecifiek onderzoek wordt overgegaan wordt aanbevolen om al rekening te houden met de eisen aan monstermateriaal voor mogelijk toekomstig onderzoek naar mineralogie, morfologie en fysisch-chemische reactiviteit van het grind.

---

# Literatuur

---

- Deutsch, C.V., and Journel, A.G. 1998. "GSLIB Geostatistical software library and user's guide." New York: Oxford University Press, 369p
- Felder, W.M., 1989. Grind, zand en klei in de provincie Limburg. In: Grondboor & Hamer, Delfstoffen in Limburg, p.101-120.
- Laban, C., 1995. The Pleistocene glaciations in the Dutch sector of the North Sea. A synthesis of sedimentary and seismic data. Thesis, 194 p.
- Mesdag, C.S. & C. Laban (2002). Geologisch onderzoek voorkomen oppervlakedelfstoffen tot een diepte van 150 m in vier deelgebieden in het noordelijk deel van het NCP (GSV/Quicksand). NITG 02-047-C.
- Structuurschema Oppervlakedelfstoffen 2, Deel 1 Ontwerp planologische Kernbeslissing. (2001) Ministerie van Verkeer en Waterstaat, Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieu, SDU pers, s' Gravenhage, Nederland.
- Nieulant, J. and K. Ooms (2000) Verkennende rapportage Diepwinningstechnieken. Rijkswaterstaat, Publicatiereeks Grondstoffen 2000/07. Dienst Weg- en Waterbouwkunde, Delft. 59 p.p.
- Van Heijst, M.W.I.M. and Modder, S.T. (2001) Haalbaarheidsstudie Diepwinning Beton- en Metselzand. Rijkswaterstaat, Publicatiereeks Grondstoffen 2001/13. Dienst Weg- en Waterbouwkunde, Delft. 59 p.p.
- Verbraeck, A., 1984. Toelichtingen bij de Geologische Kaart van Nederland 1: 50 000. Blad Tiel West (39W) en Tiel Oost (39 O). Rijks Geologische Dienst, Haarlem.
- Weerts, H. J.T., Cleveringa, P., Ebbing, J.H.J., De Lang, F.D. & Westerhoff, W.E. . 2000. De lithostratigrafische indeling van Nederland - Formaties uit het Tertiair en Kwartair. NITG 00-95-A.
- Zagwijn, W.H. & Van Staalduinen, C.J.red. 1975. Toelichting bij de geologische overzichtskaarten van Nederland. Rijks Geologische Dienst, Haarlem, 134p.
- Zandstra, J.G., 1959. Grindassociaties in het Pleistoceen van Noord-Nederland: een samenvatting van de voorlopige resultaten van grindonderzoek, in het bijzonder van het Onder - en Midden-Pleistoceen. Geologie en Mijnbouw, Nieuwe serie, nr.21, p.254-272.
- Zandstra, J.G. 1971. Geologisch onderzoek in de stuwwal van de oostelijke Veluwe bij Hattem en Wapenveld. Meded.Rijks Geol.Dienst, N.S. 22, p.215-260.
- Zandstra, J.G., 1977. Geologische opbouw. In: C.J. van Staalduinen (red.). Geologisch Onderzoek van het Waddengebied, p.37-58.





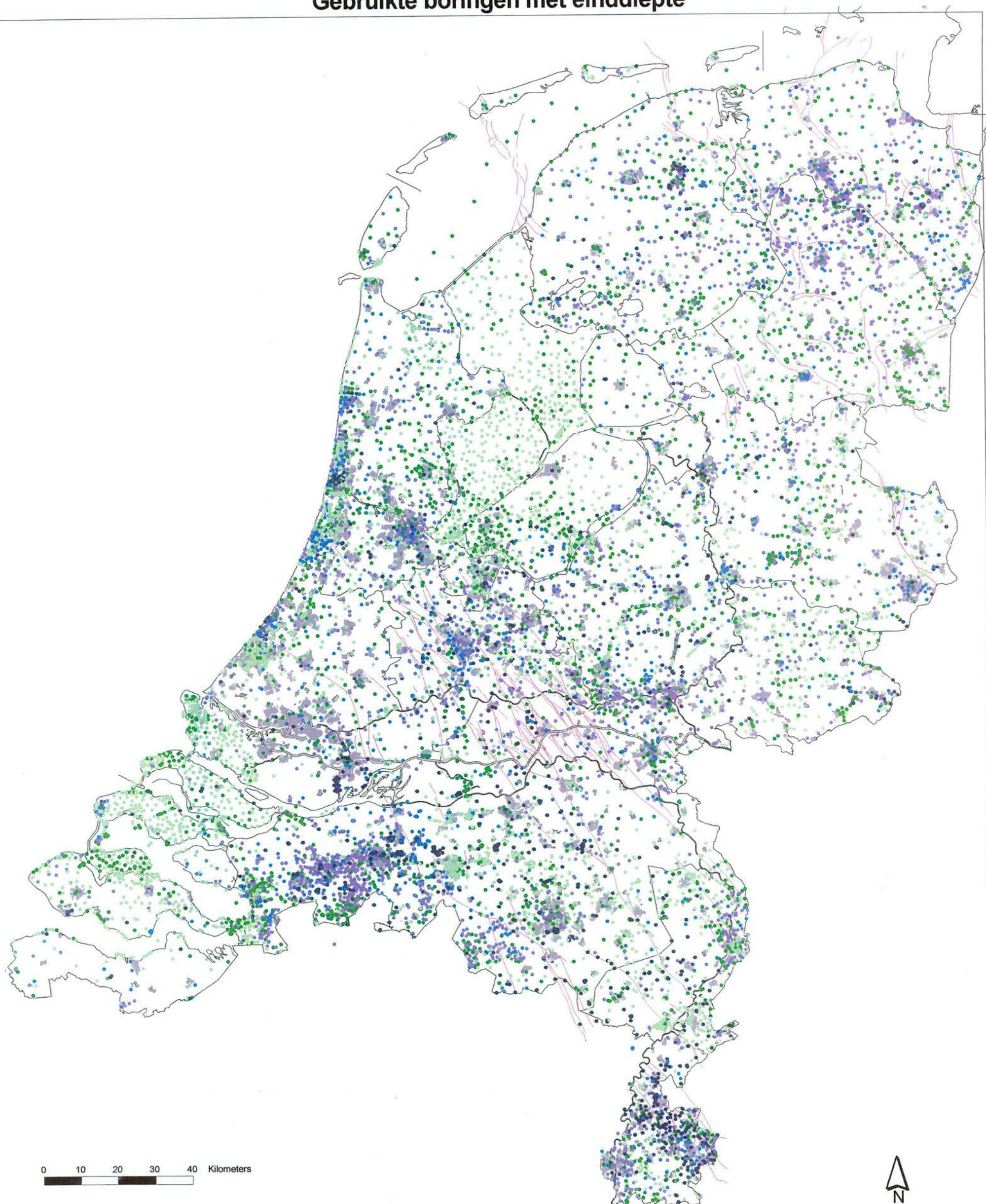
---

## Bijlage A Gebruikte boringen met einddiepte

---



## Gebruikte boringen met einddiepte



### Legenda

Einddiepte boringen in meters

- 40 - 50
- 50 - 60
- 60 - 100
- 100 - 150
- > 150

— Breuklijn

Bijlage:

Projectnaam:

Rapport:

Opdrachtgever:

Datum:

Schaal:

Samensteller:

Digitale verwerking:

Projectie:

A1

Inventarisatie van de diepe Nederlandse geologische grindreserve (30 - 150 m - mv)

NITG 02-058 B

Dienst Weg- en Waterbouwkunde, Min. van Verkeer & Waterstaat

mei 2002

1 : 1.000.000

C.W. Dubelaar, M.P.E. de Kleine, B. Klijnstra, C. den Otter en H.J.T. Weerts

M.P.E. de Kleine en B. Klijnstra

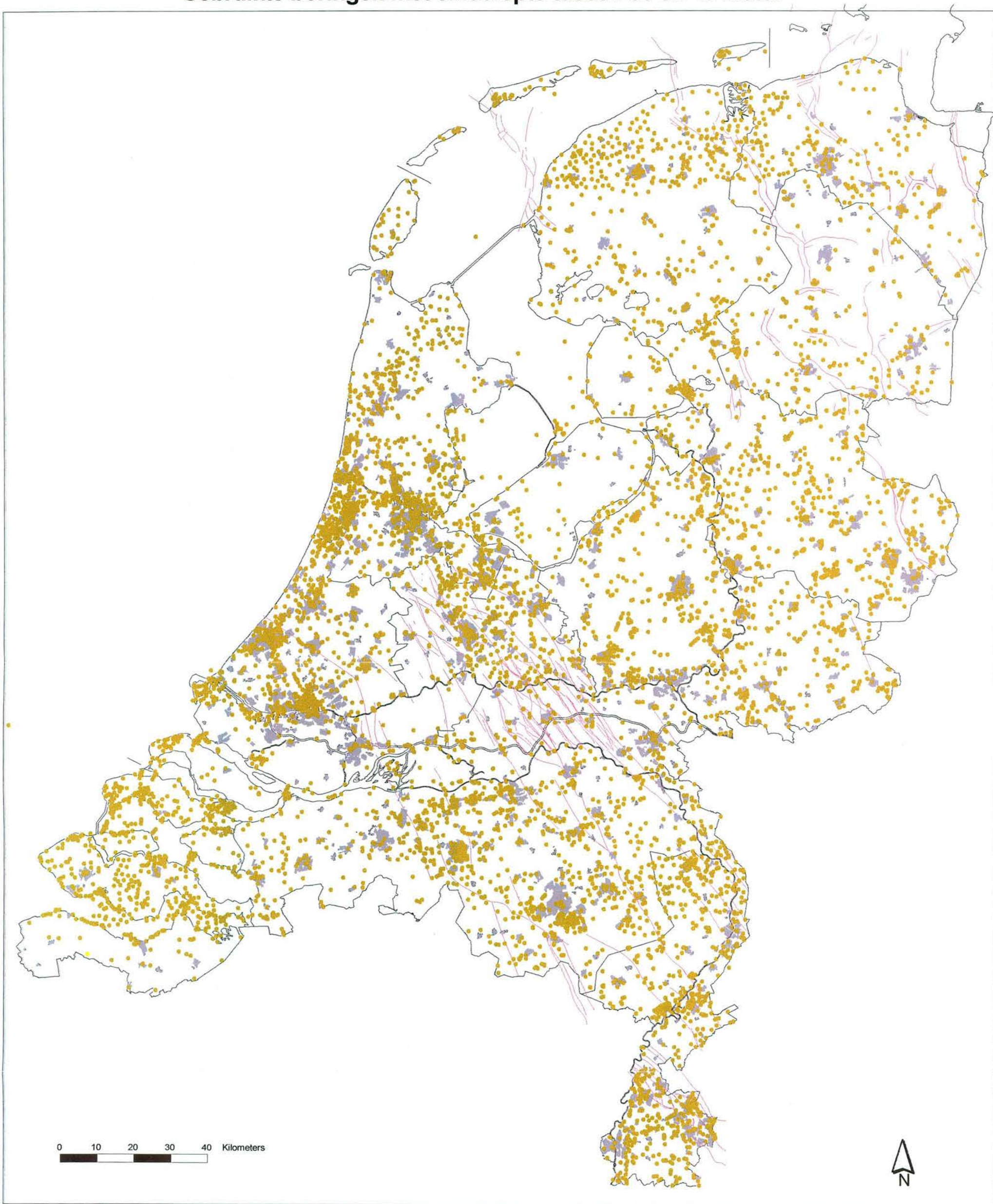
Rijks Driehoek



Nederlands Instituut voor  
Toegepaste Geowetenschappen



## Gebruikte boringen met einddiepte tussen 30 en 40 meter



### Legenda

- De boringen met een einddiepte tussen 30 en 40 meter
- Breuklijn

Bijlage: A2  
Projectnaam: Inventarisatie van de diepe Nederlandse geologische grindreserve (30 - 150 m - mv)  
Rapport: NITG 02-058 B  
Opdrachtgever: Dienst Weg- en Waterbouwkunde, Min. van Verkeer & Waterstaat  
Datum: mei 2002  
Schaal: 1 : 1.000.000  
Samensteller: C.W. Dubelaar, M.P.E. de Kleine, B. Klijnstra, C. den Otter en H.J.T. Weerts  
Digitale verwerking: M.P.E. de Kleine en B. Klijnstra  
Projectie: Rijks Driehoek



Nederlands Instituut voor  
Toegepaste Geowetenschappen



---

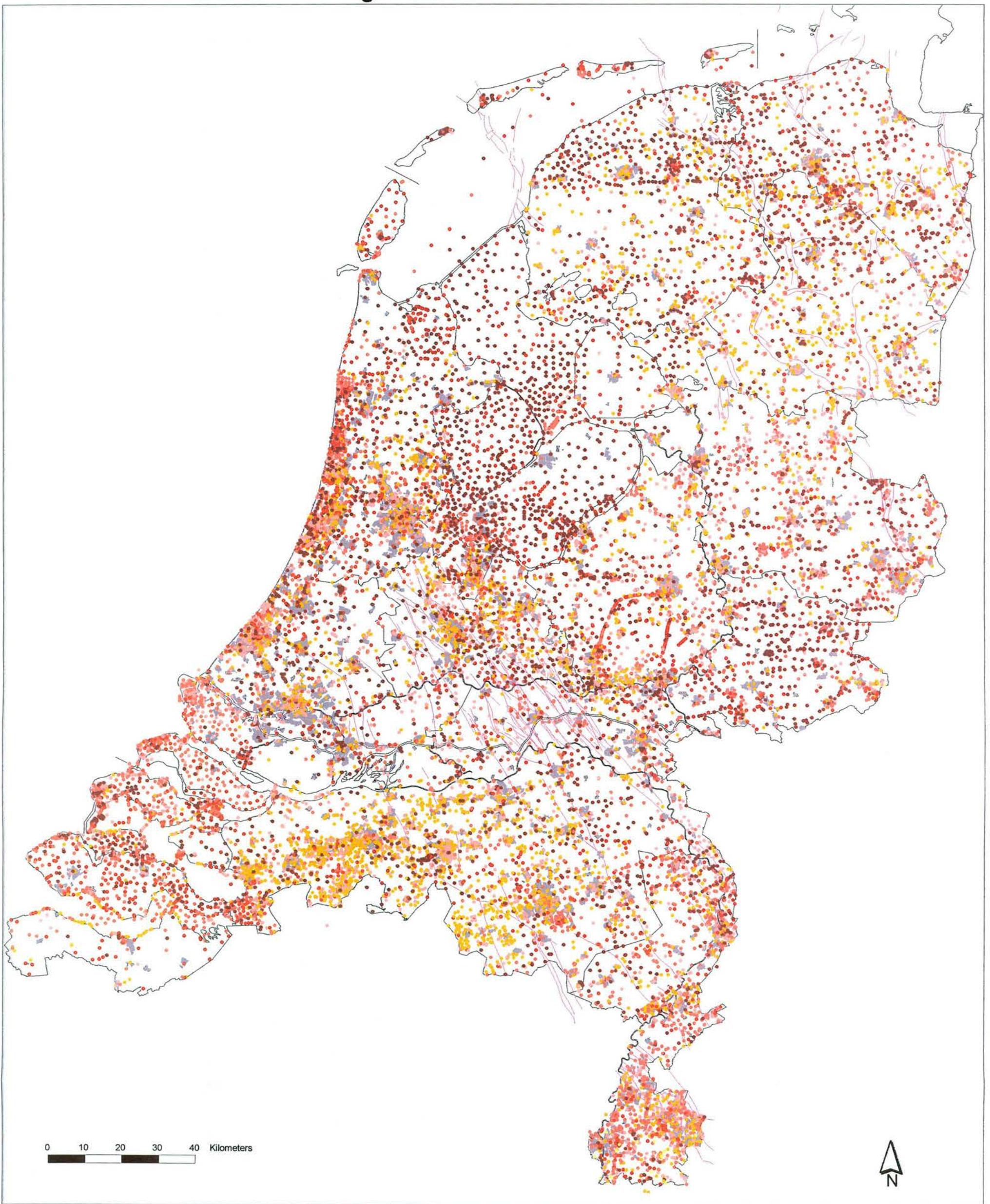
# Bijlage B Gebruikte boringen onderverdeeld naar kwaliteitsklasse

---

.....



## Gebruikte boringen onderverdeeld naar kwaliteitsklasse



### Legenda

Kwaliteitsklassen boringen

- A
- B
- C
- D
- E
- F

— Breuklijn

Bijlage:

Projectnaam:

Rapport:

Opdrachtgever:

Datum:

Schaal:

Samensteller:

Digitale verwerking:

Projectie:

B

Inventarisatie van de diepe Nederlandse geologische grindreserves (30 - 150 m - mv)

NITG 02-058 B

Dienst Weg- en Waterbouwkunde, Min. van Verkeer & Waterstaat

mei 2002

1 : 1.000.000

C.W. Dubelaar, M.P.E. de Kleine, B. Klijnstra, C. den Otter en H.J.T. Weerts

M.P.E. de Kleine en B. Klijnstra

Rijks Driehoek



Nederlands Instituut voor  
Toegepaste Geowetenschappen

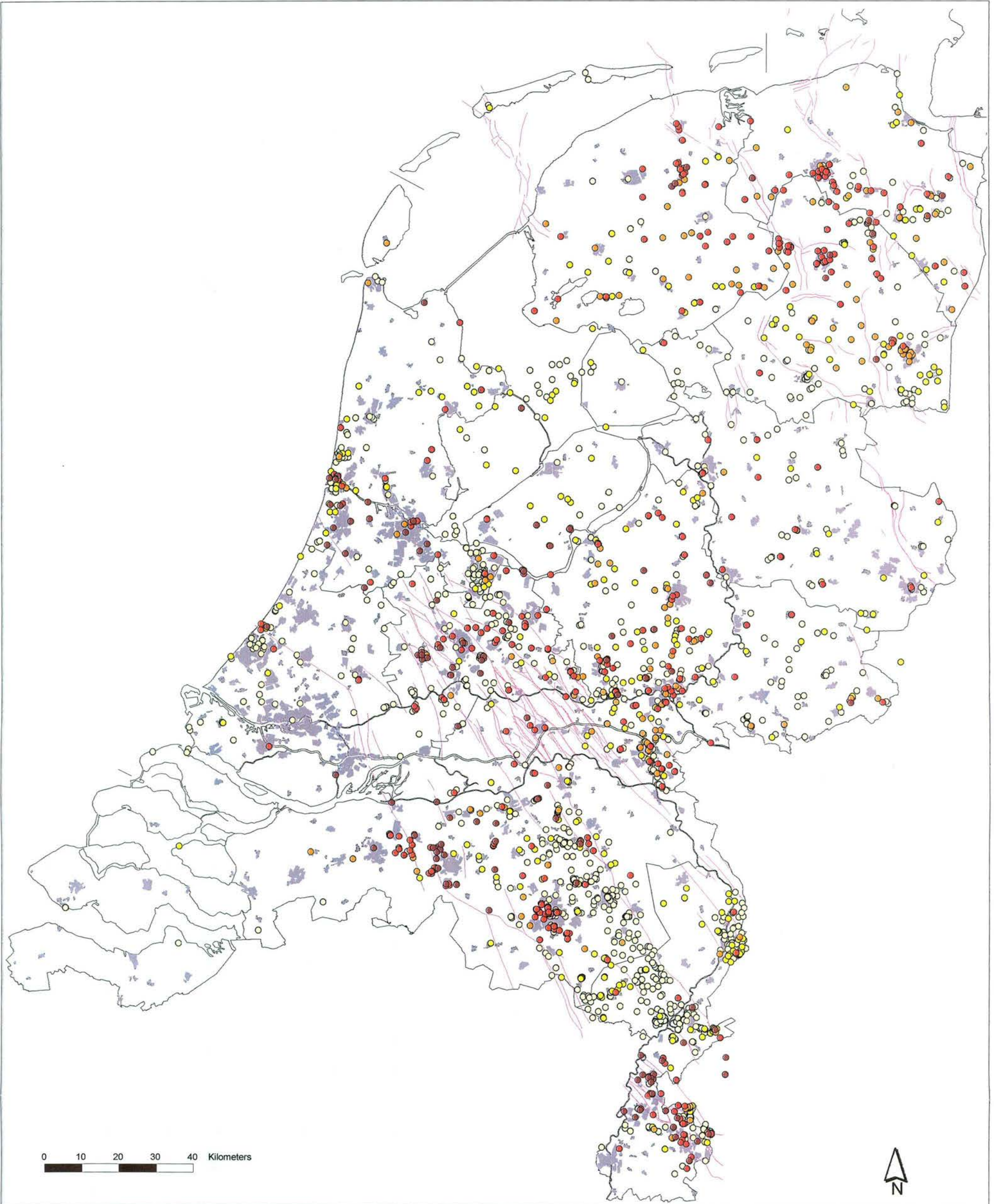


---

## Bijlage C Diepteligging bovenzijde eerste grindlaag beneden 30 m –mv (per interval)

.....

# Diepteligging bovenzijde eerste grindlaag beneden 30 m - mv (per interval)



## Legenda

Diepteligging in meters onder maaiveld

- 30 - 40
- 40 - 50
- 50 - 60
- 60 - 100
- 100 - 150

— Breuklijn

Bijlage:  
Projectnaam:  
Rapport:  
Opdrachtgever:  
Datum:  
Schaal:  
Samensteller:  
Digitale verwerking:  
Projectie:

C  
Inventarisatie van de diepe Nederlandse geologische grindreserves (30 - 150 m - mv)  
NITG 02-058 B  
Dienst Weg- en Waterbouwkunde, Min. van Verkeer & Waterstaat  
mei 2002  
1 : 1.000.000  
C.W. Dubelaar, M.P.E. de Kleine, B. Klijnstra, C. den Otter en H.J.T. Weerts  
M.P.E. de Kleine en B. Klijnstra  
Rijks Driehoek



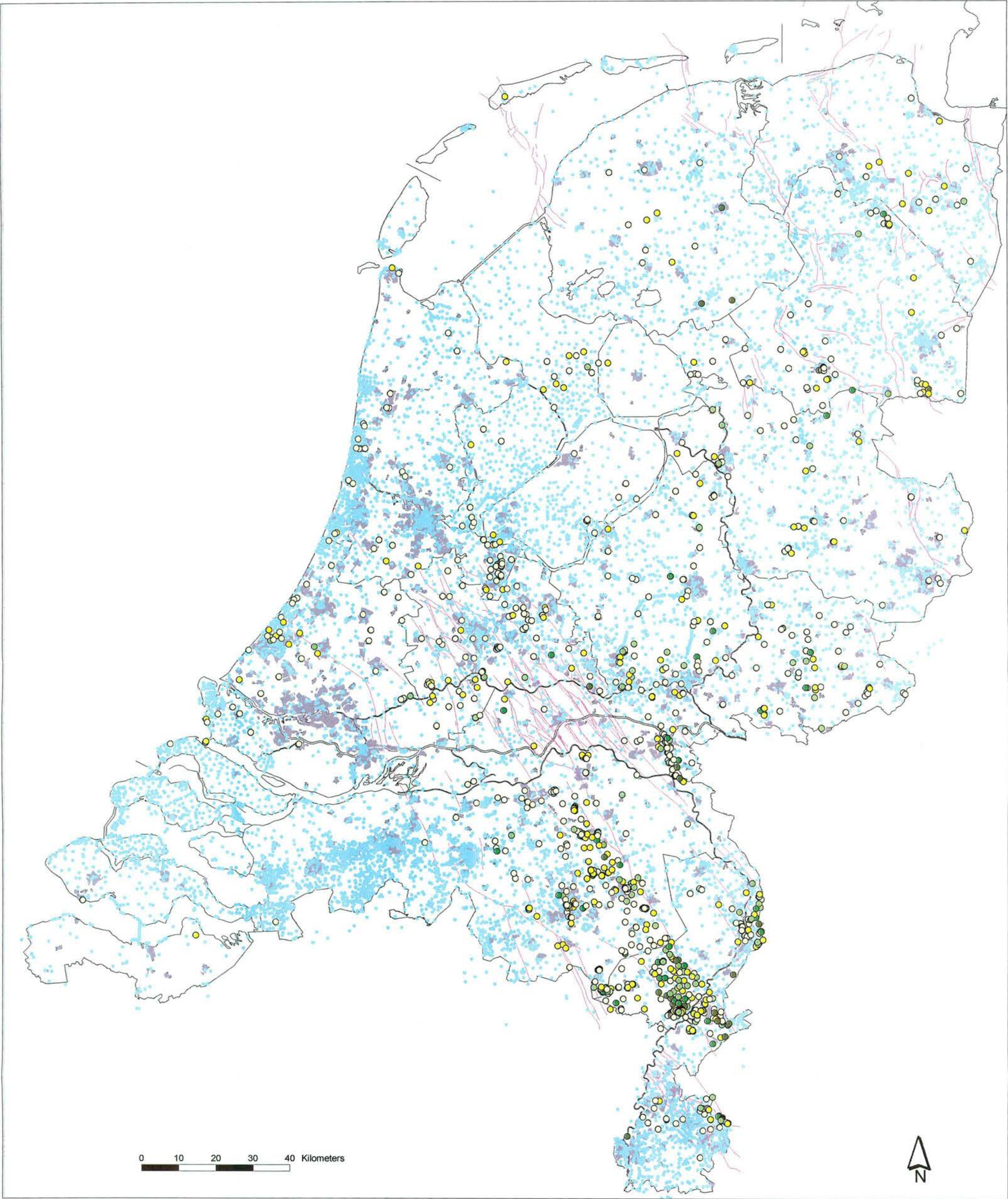
Nederlands Instituut voor  
Toegepaste Geowetenschappen







Gesommeerde grinddikte per interval tussen 30 en 40 meter beneden maaiveld



Legenda

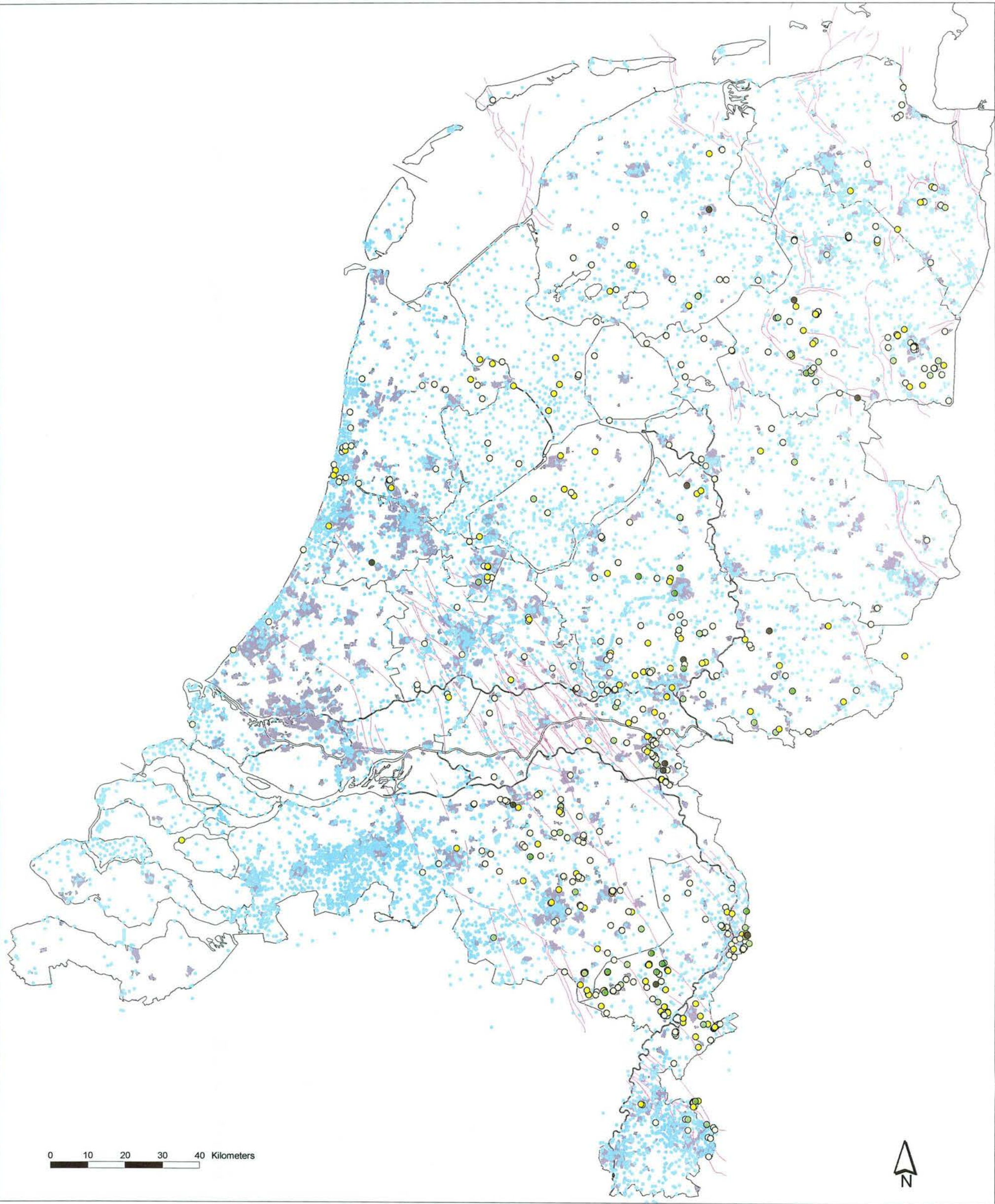
- Gesommeerde dikte in meters
- 0 - 2
  - 2 - 4
  - 4 - 6
  - 6 - 8
  - 8 - 10
- Boring waarin geen grind is aangetroffen
- Breuklijn

Bijlage:  
Projectnaam:  
Rapport:  
Opdrachtgever:  
Datum:  
Schaal:  
Samensteller:  
Digitale verwerking:  
Projectie:

D1  
Inventarisatie van de diepe Nederlandse geologische grindreserves (30 - 150 m - mv)  
NITG 02-058 B  
Dienst Weg- en Waterbouwkunde, Min. van Verkeer & Waterstaat  
mei 2002  
1 : 1.000.000  
C.W. Dubelaar, M.P.E. de Kleine, B. Klijnstra, C. den Otter en H.J.T. Weerts  
M.P.E. de Kleine en B. Klijnstra  
Rijks Driehoek



Gesommeerde grinddikte per interval tussen 40 en 50 meter beneden maaiveld



Legenda

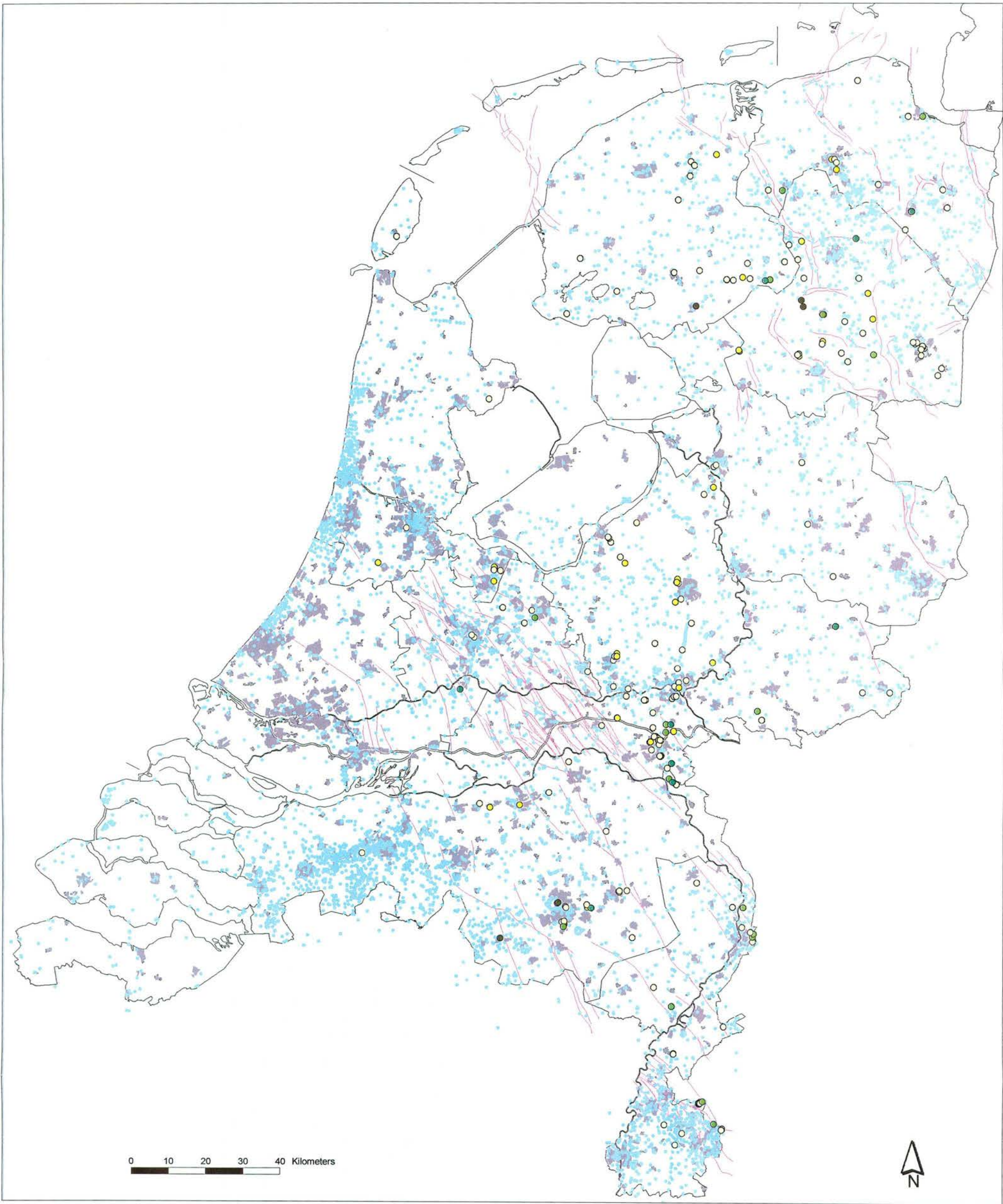
- Gesommeerde dikte in meters
- 0 - 2
  - 2 - 4
  - 4 - 6
  - 6 - 8
  - 8 - 10
  - Boring waarin geen grind is aangetroffen
  - Breuklijn

Bijlage:  
 Projectnaam:  
 Rapport:  
 Opdrachtgever:  
 Datum:  
 Schaal:  
 Samensteller:  
 Digitale verwerking:  
 Projectie:

D2  
 Inventarisatie van de diepe Nederlandse geologische grindreserves (30 - 150 m - mv)  
 NITG 02-058 B  
 Dienst Weg- en Waterbouwkunde, Min. van Verkeer & Waterstaat  
 mei 2002  
 1 : 1.000.000  
 C.W. Dubelaar, M.P.E. de Kleine, B. Klijnstra, C. den Otter en H.J.T. Weerts  
 M.P.E. de Kleine en B. Klijnstra  
 Rijks Driehoek



Gesommeerde grinddikte per interval tussen 50 en 60 meter beneden maaiveld



Legenda

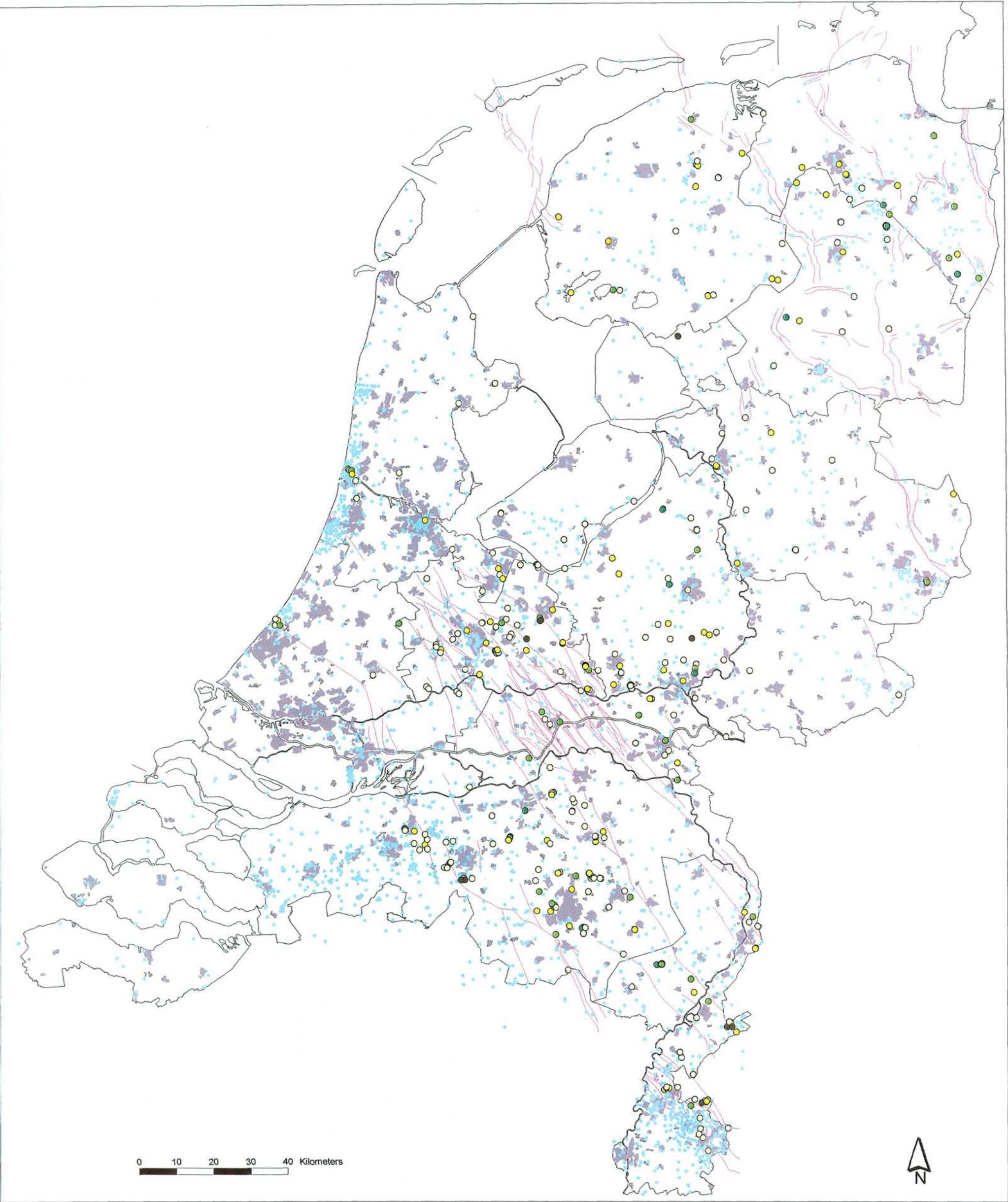
- Gesommeerde dikte in meters
- 0 - 2
  - 2 - 4
  - 4 - 6
  - 6 - 8
  - 8 - 10
- Boring waarin geen grind is aangetroffen
- Breuklijn

Bijlage:  
Projectnaam:  
Projectnummer:  
Opdrachtgever:  
Datum:  
Schaal:  
Samensteller:  
Digitale verwerking:  
Projectie:

D3  
Inventarisatie van het geologisch voorkomen van grindlagen (30 - 150 m - mv)  
005.41084  
Dienst Weg- en Waterbouwkunde, Min. van Verkeer & Waterstaat  
april 2002  
1 : 1.000.000  
C.W. Dubelaar, M.P.E. de Kleine, B. Klijnstra, C. den Otter en H.J.T. Weerts  
M.P.E. de Kleine en B. Klijnstra  
Rijks Driehoek



Gesommeerde grinddikte per interval tussen 60 en 100 meter beneden maaiveld



Legenda

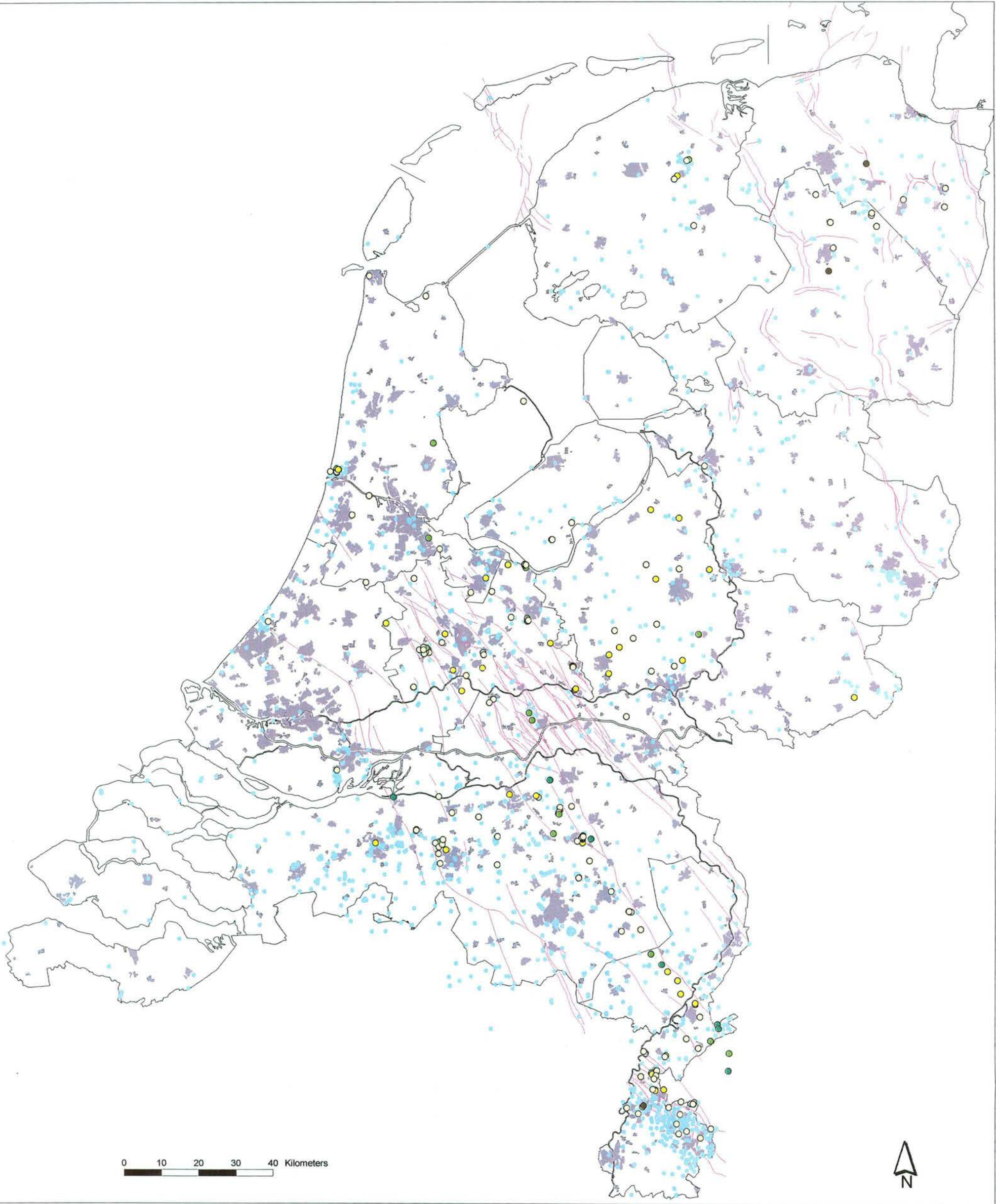
- Gesommeerde dikte in meters
- 0 - 2
  - 2 - 4
  - 4 - 6
  - 6 - 8
  - 8 - 10
- Boring waarin geen grind is aangetroffen
- Breuklijn

Bijlage:  
Projectnaam:  
Rapport:  
Opdrachtgever:  
Datum:  
Schaal:  
Samensteller:  
Digitale verwerking:  
Projectie:

D4  
Inventarisatie van de diepe Nederlandse geologische grindreserves (30 - 150 m - mv)  
NITG 02-058 B  
Dienst Weg- en Waterbouwkunde, Min. van Verkeer & Waterstaat  
mei 2002  
1 : 1.000.000  
C.W. Dubelaar, M.P.E. de Kleine, B. Klijnstra, C. den Otter en H.J.T. Weerts  
M.P.E. de Kleine en B. Klijnstra  
Rijks Driehoek



Gesommeerde grinddikte per interval tussen 100 en 150 meter beneden maaiveld



Legenda

- Gesommeerde dikte in meters
- 0 - 2
  - 2 - 4
  - 4 - 6
  - 6 - 8
  - 8 - 10
  - Boring waarin geen grind is aangetroffen
  - Breuklijn

Bijlage:  
 Projectnaam:  
 Rapport:  
 Opdrachtgever:  
 Datum:  
 Schaal:  
 Samensteller:  
 Digitale verwerking:  
 Projectie:

D5  
 Inventarisatie van de diepe Nederlandse geologische grindreserves (30 - 150 m - mv)  
 NITG 02-058 B  
 Dienst Weg- en Waterbouwkunde, Min. van Verkeer & Waterstaat  
 mei 2002  
 1 : 1.000.000  
 C.W. Dubelaar, M.P.E. de Kleine, B. Klijnstra, C. den Otter en H.J.T. Weerts  
 M.P.E. de Kleine en B. Klijnstra  
 Rijks Driehoek

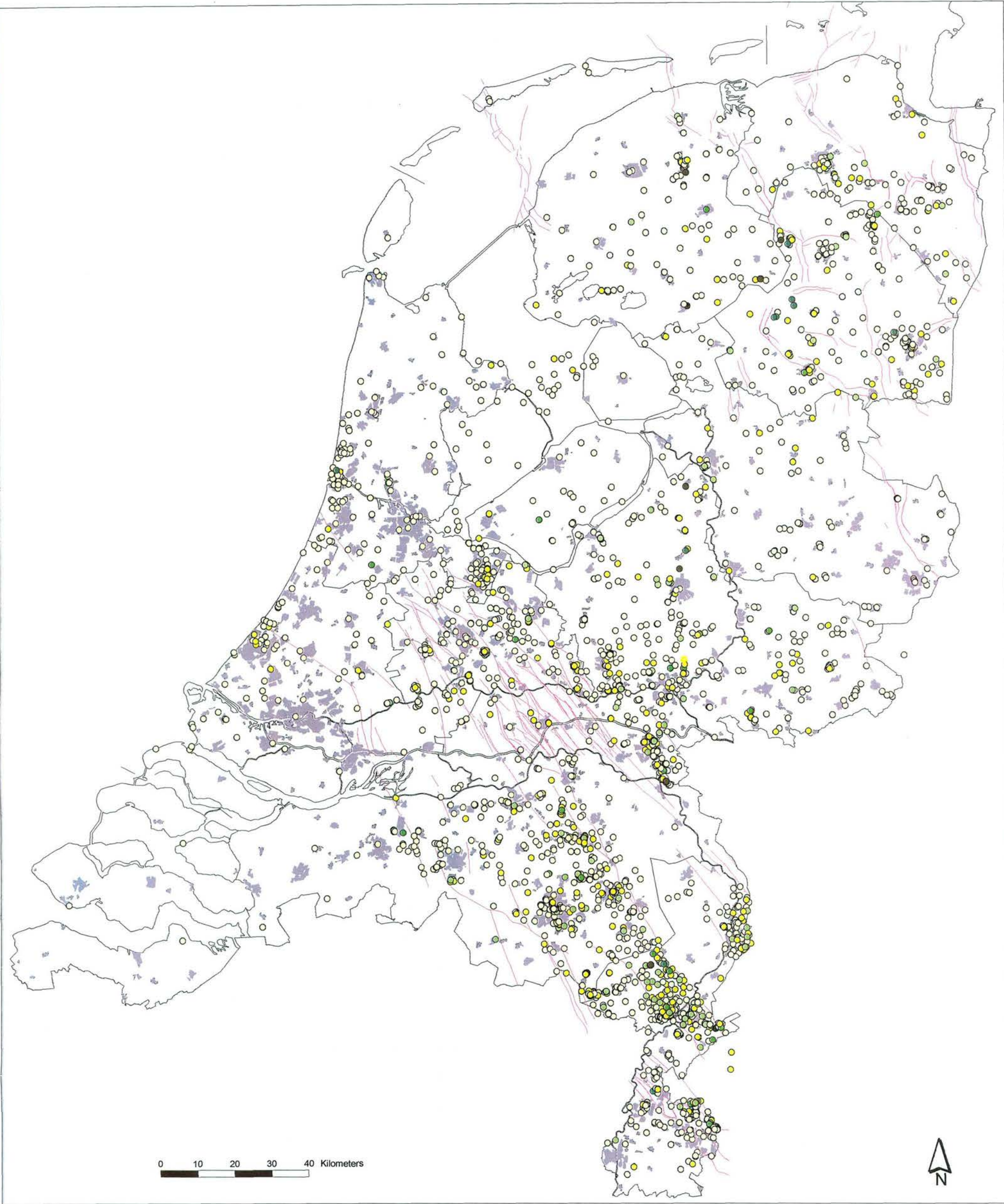
---

## Bijlage E Gesommeerde dikte grind tussen 30 en 150 meter beneden maaiveld

---



Gesommeerde dikte grind tussen 30 en 150 meter beneden maaiveld



Legenda

Gesommeerde dikte in meters

- 0 - 5
- 5 - 10
- 10 - 15
- 15 - 20
- 20 - 25
- 25 - 50

— Breuklijn

Bijlage:  
Projectnaam:  
Rapport:  
Opdrachtgever:  
Datum:  
Schaal:  
Samensteller:  
Digitale verwerking:  
Projectie:

E  
Inventarisatie van de diepe Nederlandse geologische grindreserves (30 - 150 m - mv)  
NITG 02-058 B  
Dienst Weg- en Waterbouwkunde, Min. van Verkeer & Waterstaat  
mei 2002  
1 : 1.000.000  
C.W. Dubelaar, M.P.E. de Kleine, B. Klijnstra, C. den Otter en H.J.T. Weerts  
M.P.E. de Kleine en B. Klijnstra  
Rijks Driehoek

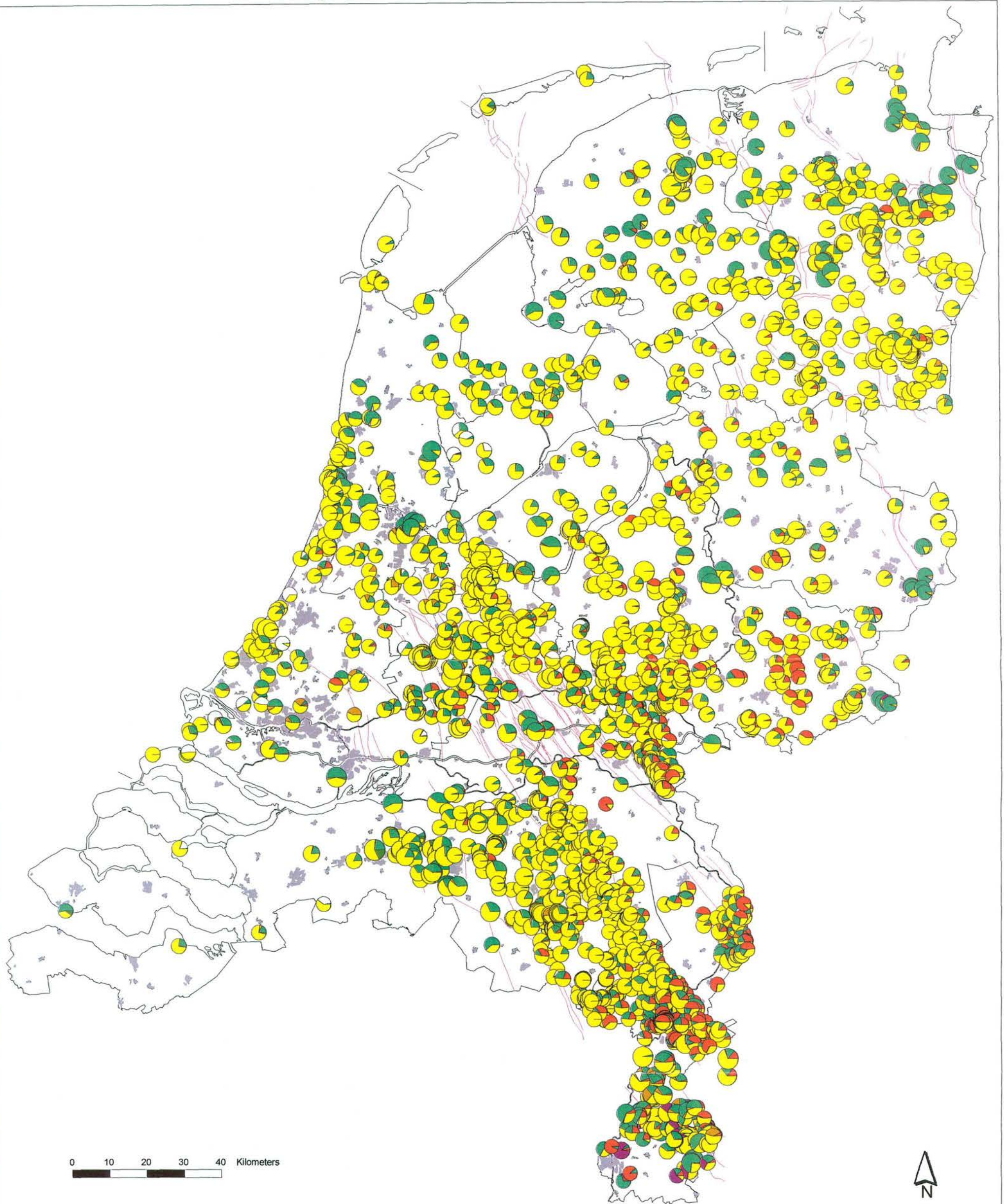
---

## Bijlage F Samenstelling afdekkend pakket boven eerste diepe grindlaag

---



# Samenstelling afdekkend pakket boven eerste diepe grindlaag



## Legenda

Samenstelling afdekkend pakket,  
De grootte van de cirkels is proportioneel met de dikte  
van het opliggende pakket

- |                     |                |
|---------------------|----------------|
| grind (incl stenen) | vast gesteente |
| klei en/of leem     | overig         |
| organisch materiaal | geen gegevens  |
| zand                |                |

Bijlage:  
Projectnaam:  
Rapport:  
Opdrachtgever:  
Datum:  
Schaal:  
Samensteller:  
Digitale verwerking:  
Projectie:

F  
Inventarisatie van de diepe Nederlandse geologische grindreserves (30 - 150 m - mv)  
NITG 02-058 B  
Dienst Weg- en Waterbouwkunde, Min. van Verkeer & Waterstaat  
mei 2002  
1 : 1.000.000  
C.W. Dubelaar, M.P.E. de Kleine, B. Klijnstra, C. den Otter en H.J.T. Weerts  
M.P.E. de Kleine en B. Klijnstra  
Rijks Driehoek



Nederlands Instituut voor  
Toegepaste Geowetenschappen



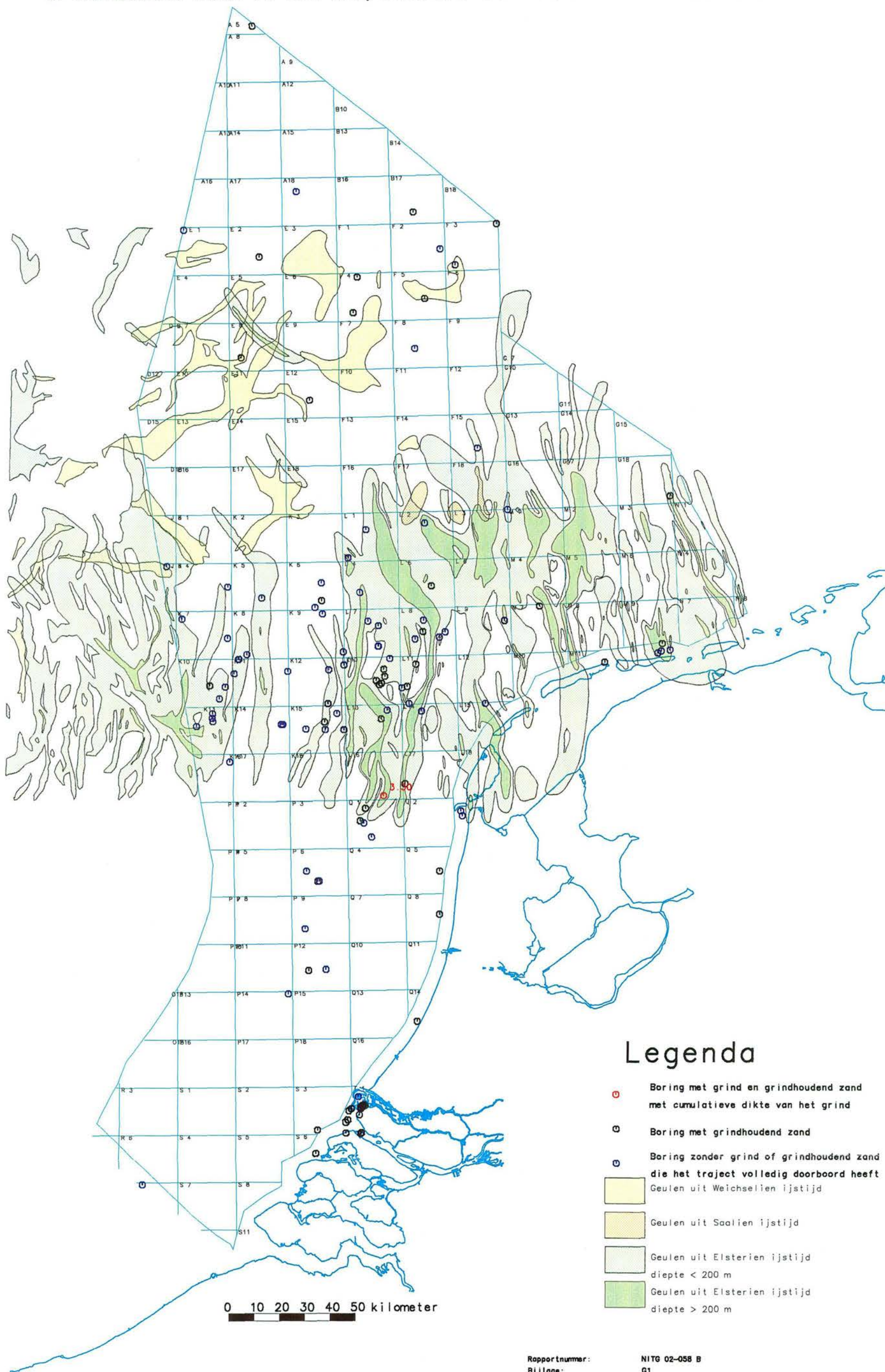
---

## Bijlage G Grind en grindhoudend zand in het dieptebereik 30-60 en 60 –150 m. beneden zeebodem

---



# Grindhoudend zand in het dieptebereik 30 – 60 m beneden zeebodem

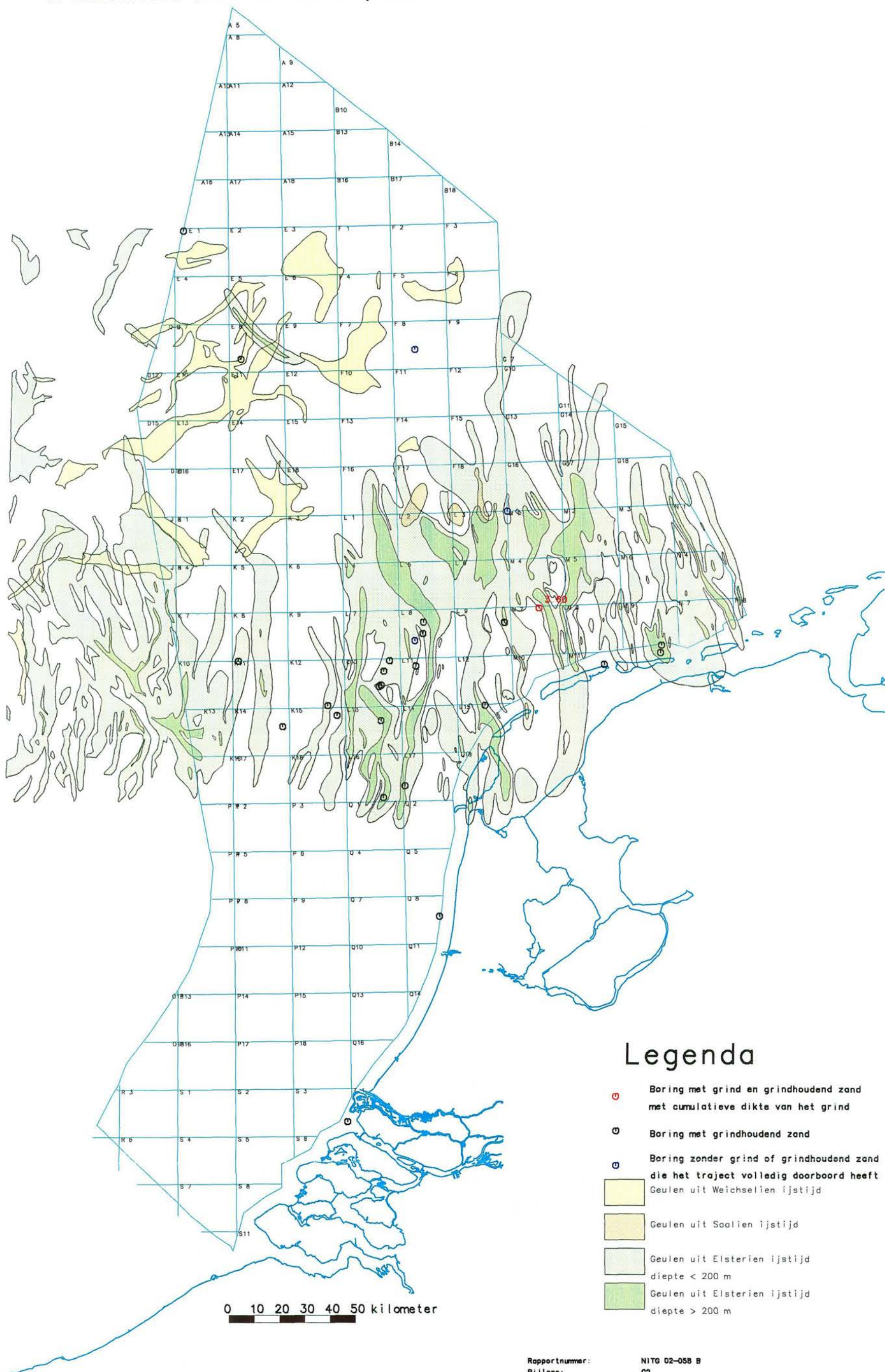


Rapportnummer:	NITG 02-058 B
Bijlage:	G1
Projectnaam:	Inventarisatie van het geologisch voorkomen van grindlagen (30-150 m -mv)
Projectnummer:	005.41084
Opdrachtgever:	Dienst Weg- en Waterbouwkunde, Min. van Verkeer & Waterstaat
Datum:	april 2002
Schaal:	1:1 500 000
Samensteller:	C.S. Meadag
Digitale verwerking:	C.S. Meadag
Projectie:	UTM (zone 31)





# Grindhoudend zand in het dieptebereik 60 – 150 m beneden zeebodem



## Legenda

- Boring met grind en grindhoudend zand met cumulatieve dikte van het grind
- Boring met grindhoudend zand
- Boring zonder grind of grindhoudend zand die het traject volledig doorboord heeft
- Geulen uit Weichsellien ijstijd
- Geulen uit Saalien ijstijd
- Geulen uit Elsterien ijstijd diepte < 200 m
- Geulen uit Elsterien ijstijd diepte > 200 m

Rapportnummer: NITG 02-058 B  
 Bijlage: G2  
 Projectnaam: Inventarisatie van het geologisch voorkomen van grindlagen (30-150 m -mv)  
 Projectnummer: 005.41084  
 Opdrachtgever: Dienst Weg- en Waterbouwkunde, Min. van Verkeer & Waterstaat  
 Datum: april 2002  
 Schaal: 1:1 500 000  
 Samensteller: C.S. Meadag  
 Digitale verwerking: C.S. Meadag  
 Projectie: UTM (zone 31)





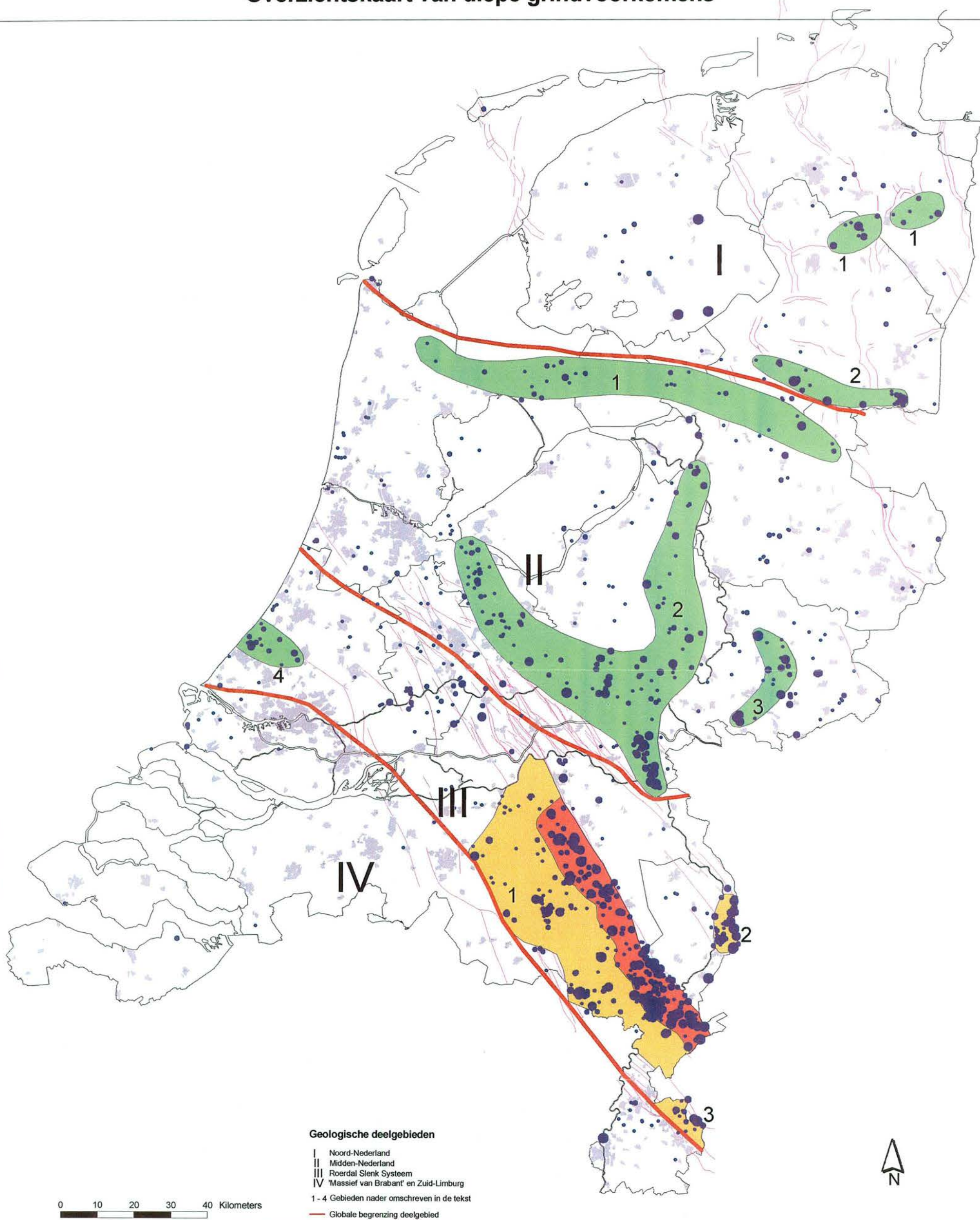
---

## Bijlage H Overzichtskaart van diepe grindvoorkomens

---

(K1)

## Overzichtskaart van diepe grindvoorkomens



## Legenda

Gesommeerde grinddikte in meters in het interval 30 - 40 m -mv

- 0.1 - 2  
 • 2 - 4  
 • 4 - 6  
 • 6 - 8  
 • 8 - 10

 meest omvangrijke diepe grindvoorkomens

diepe grindvoorkomens aanwezig: nader onderzoek gewenst

 verspreide voorkomens van diepe grindlagen

Breuklijn

Bijlage:

Projectnaam:

Rapport:

Opdrachtgever:

Datum:

Schaal:

Samensteller:

Digitale ve

H

Inventarisatie van de diepe Nederlandse geologische grindreserves (30 - 150 m - mv)

NITG 02-058 B

Dienst Weg- en Waterbouwkunde, Min. van Verkeer & Waterstaat

mei 2002

1 : 1.000.000

C.W. Dubelaar, M.P.E. de Kleine, B. Klijnstra, C. den Otter en H.J.T. Weerts

V.C. Marges en B. Klijnstra

Rijks Driehoek

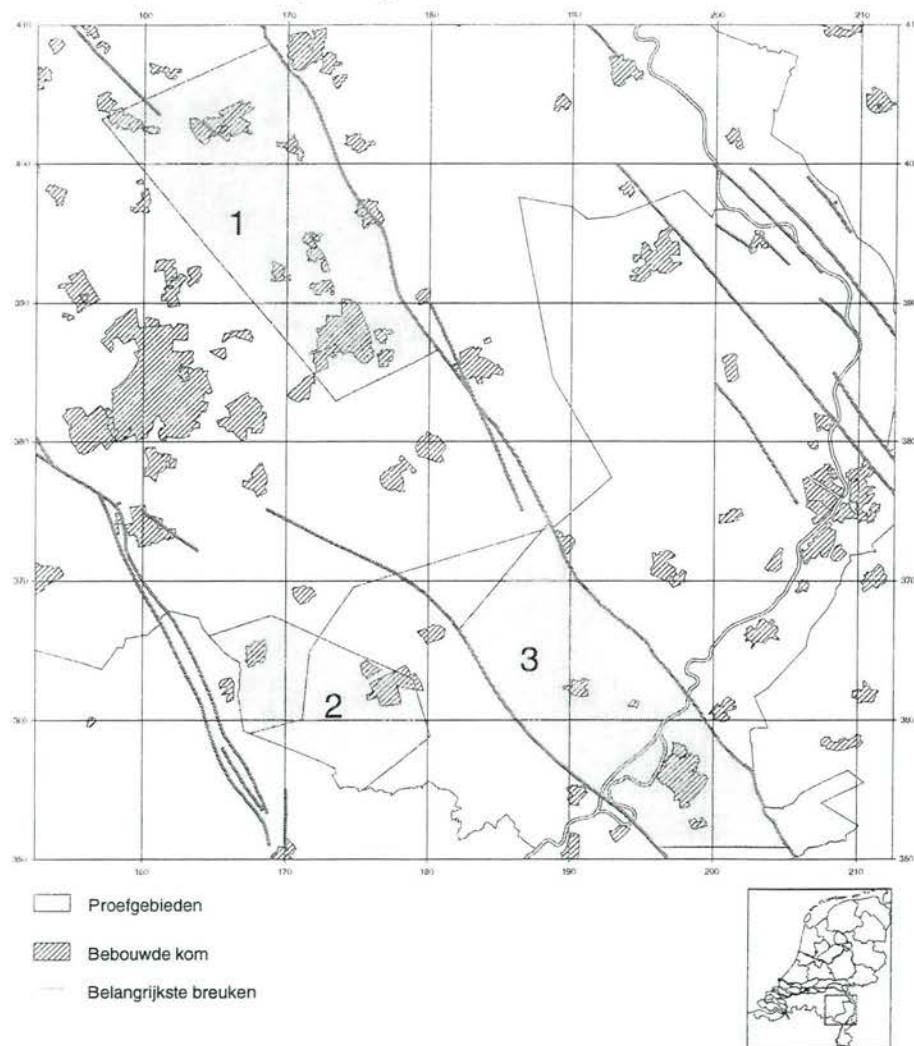


Nederlands Instituut voor  
Toegepaste Geowetenschappen



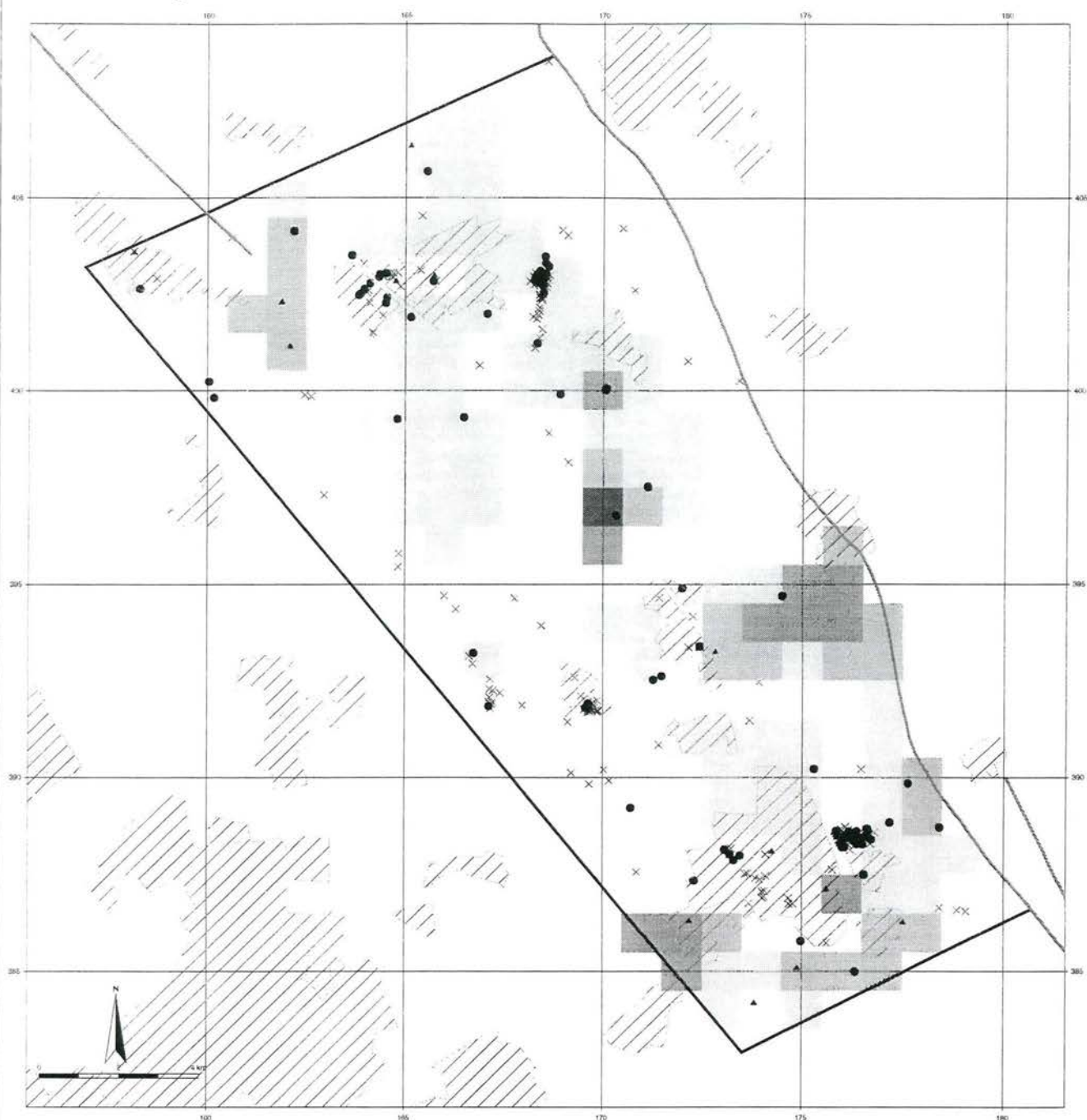
## Bijlage I Gemiddelde grinddikten in een drietal proefgebieden (interval 30-40 en 40-50 m)

Lokaties van de proefgebieden



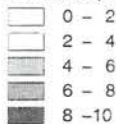
Figuur I.1 Overzichtskaart van de drie gebieden gelegen in het Roerdal Slenk Systeem waarvoor volumeberekeningen zijn uitgevoerd.

## Grinddikte gebied 1 30 – 40 meter onder maaiveld



### Legenda

#### Grinddikte (m.)



Bebouwde kom

#### Boringen

- Interval geheel doorboord (grinddikte > 0)
- × Interval geheel doorboord (grinddikte = 0)
- ▲ Interval niet geheel doorboord

Belangrijkste breuken  
 Gebiedsgrens

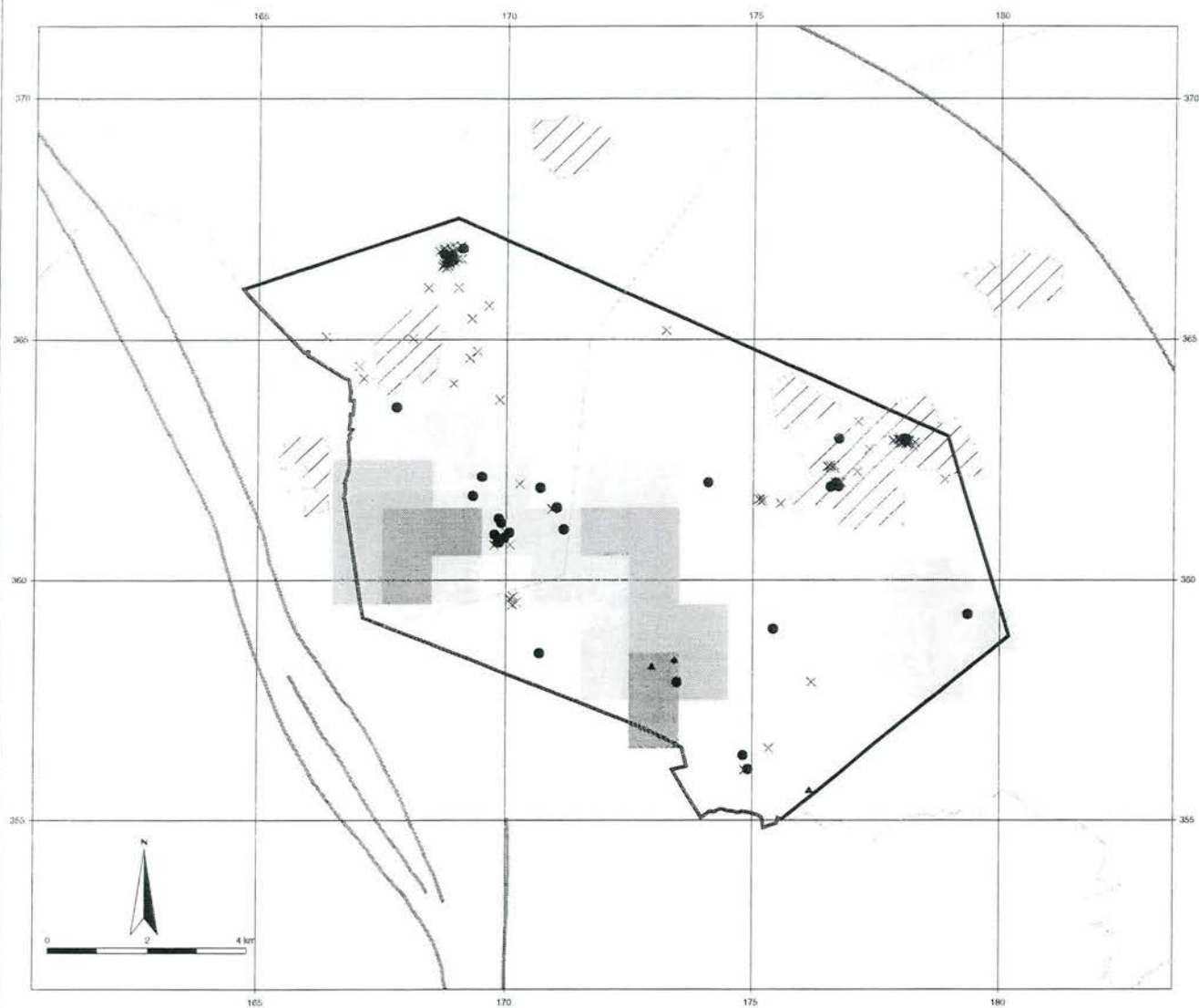


Bijlage:  
 Projectnaam: Inventarisatie grind 30-150m-mv  
 Rapportnummer: NITG 02-058-B  
 Opdrachtgever: Rijkswaterstaat -DWW  
 Datum: Mei 2002  
 Samensteller: J.G. Veldkamp  
 Digitale verwerking: J.G. Veldkamp  
 Projectie: Rijks Driehoek



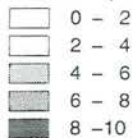


## Grinddikte gebied 2 30 – 40 meter onder maaiveld



### Legenda

#### Grinddikte (m.)



#### Boringen

- Interval geheel doorboord (grinddikte > 0)
- × Interval geheel doorboord (grinddikte = 0)
- ▲ Interval niet geheel doorboord

- Belangrijkste breuken
- Gebiedsgrens

▨ Bebouwde kom



#### Bijlage:

Projectnaam:  
Rapportnummer:  
Opdrachtgever:  
Datum:  
Samensteller:  
Digitale verwerking:  
Projectie:

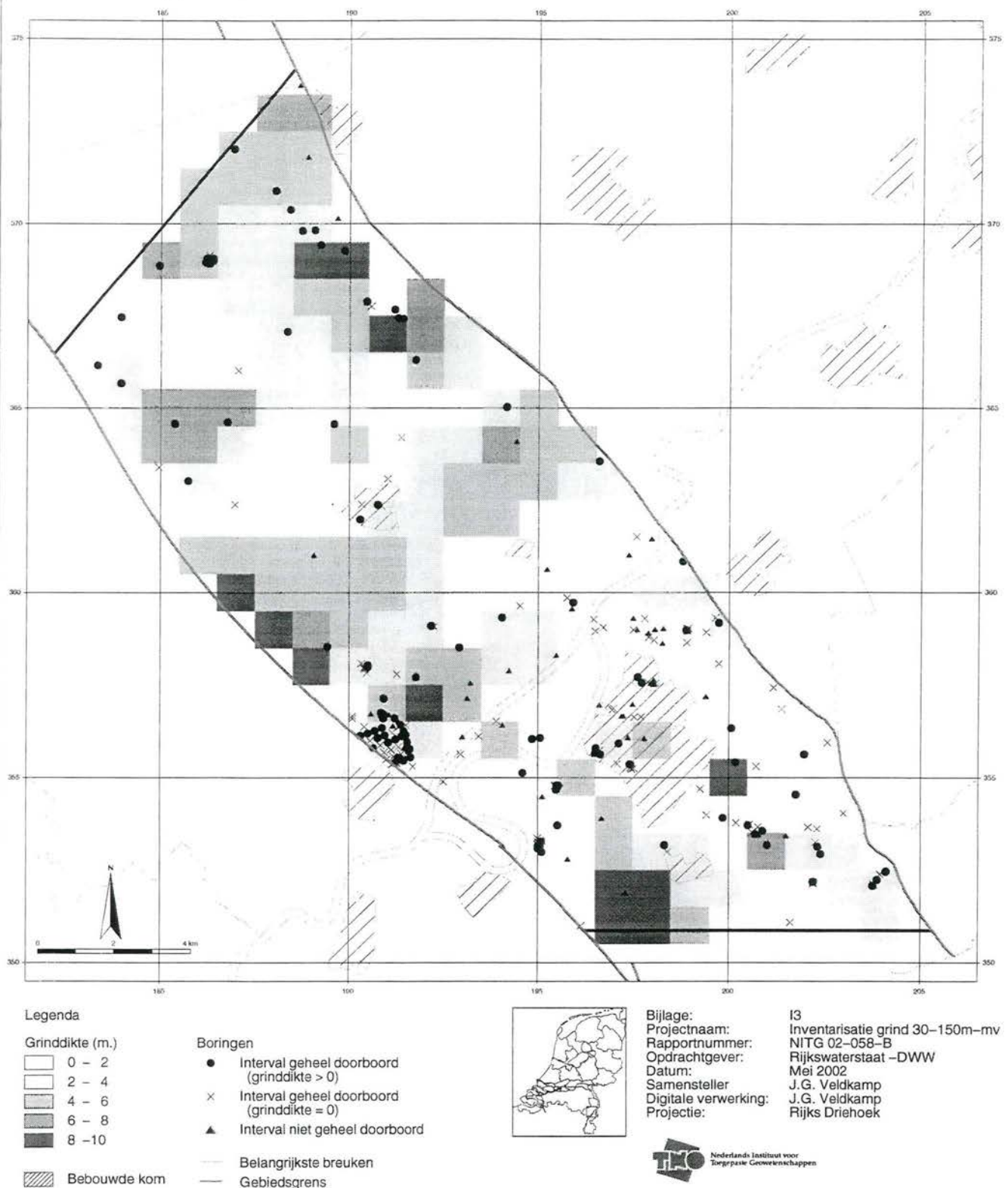
I2

Inventarisatie grind 30-150m-mv  
NITG 02-058-B  
Rijkswaterstaat -DWW  
Mei 2002  
J.G. Veldkamp  
J.G. Veldkamp  
Rijks Driehoek



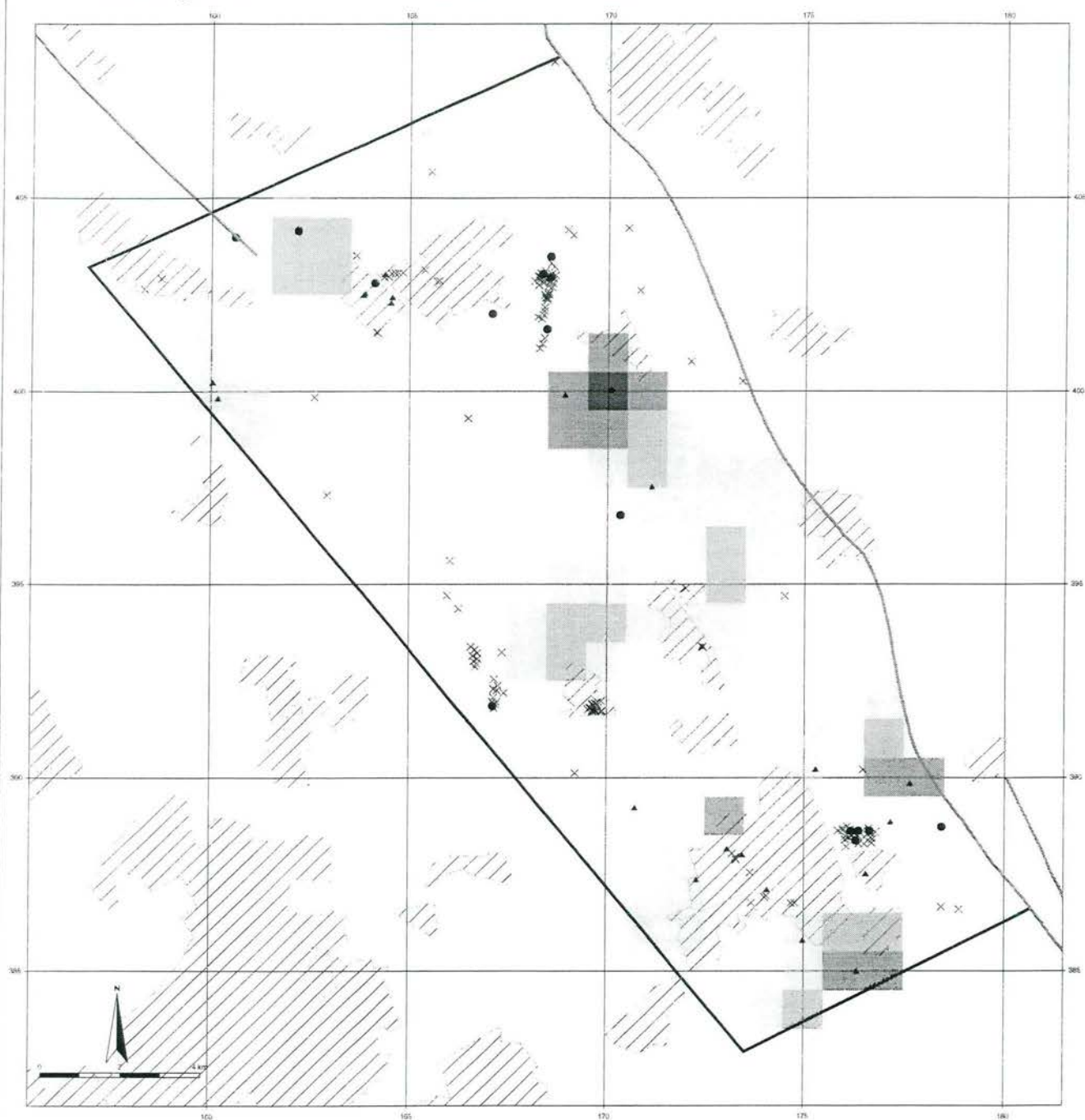
Nederlands Instituut voor  
Tertiaire Geowetenschappen

## Grinddikte gebied 3 30 – 40 meter onder maaiveld



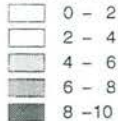


## Grinddikte gebied 1 40 – 50 meter onder maaiveld



### Legenda

#### Grinddikte (m.)



Bebouwde kom

#### Boringen

- Interval geheel doorboord (grinddikte > 0)
- × Interval geheel doorboord (grinddikte = 0)
- ▲ Interval niet geheel doorboord

- - - Belangrijkste breuken
- Gebiedsgrens



#### Bijlage:

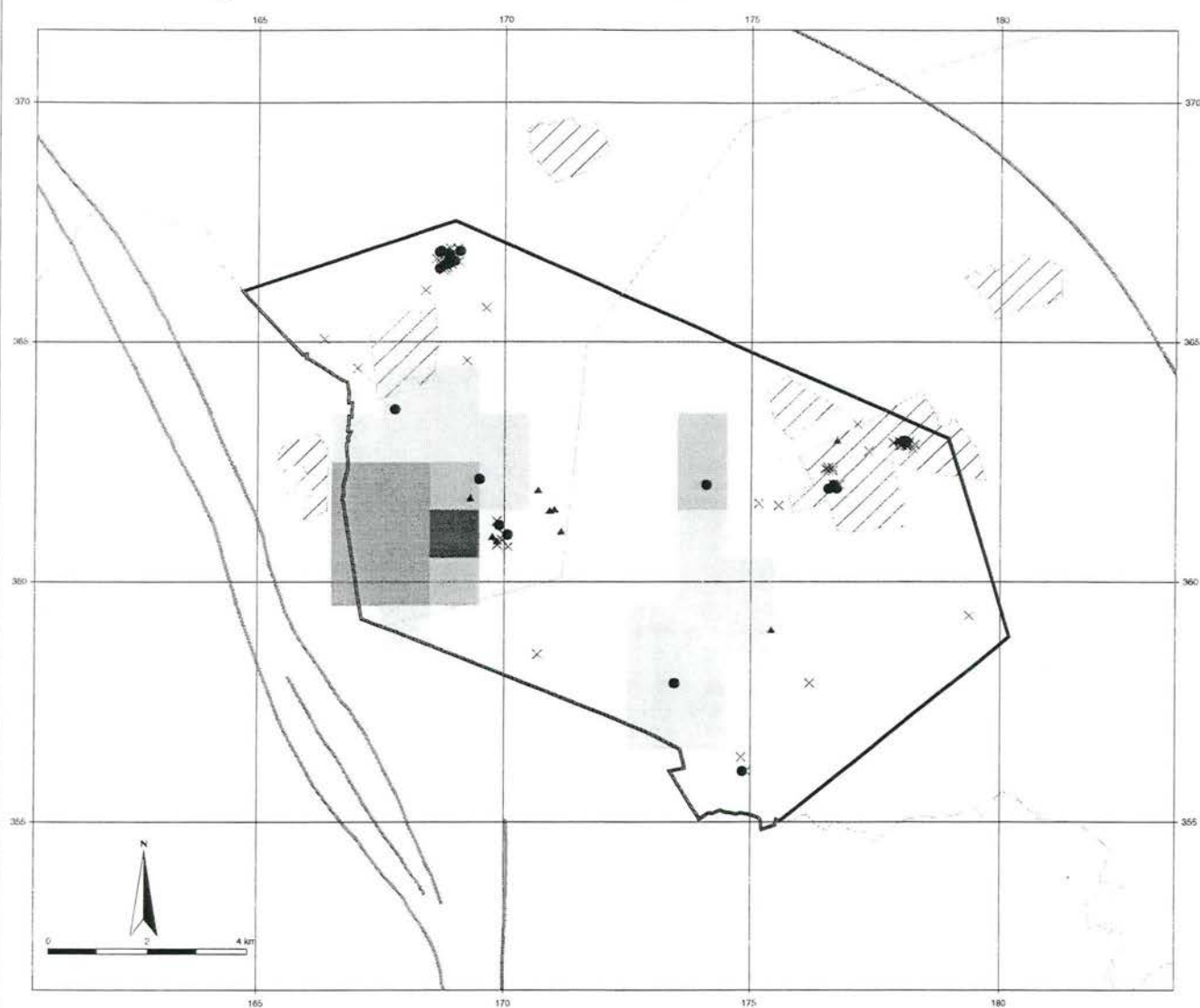
Projectnaam:  
Rapportnummer:  
Opdrachtgever:  
Datum:  
Samensteller:  
Digitale verwerking:  
Projectie:

I4  
Inventarisatie grind 30-150m-mv  
NITG 02-058-B  
Rijkswaterstaat -DWW  
Mei 2002  
J.G. Veldkamp  
J.G. Veldkamp  
Rijks Driehoek



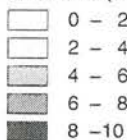
Nederlands Instituut voor  
Toegespande Geowetenschappen

## Grinddikte gebied 2 40 – 50 meter onder maaiveld



### Legenda

#### Grinddikte (m.)



#### Boringen

- Interval geheel doorboord (grinddikte > 0)
- × Interval geheel doorboord (grinddikte = 0)
- ▲ Interval niet geheel doorboord

▨ Bebouwde kom

- Belangrijkste breuken
- Gebiedsgrens



#### Bijlage:

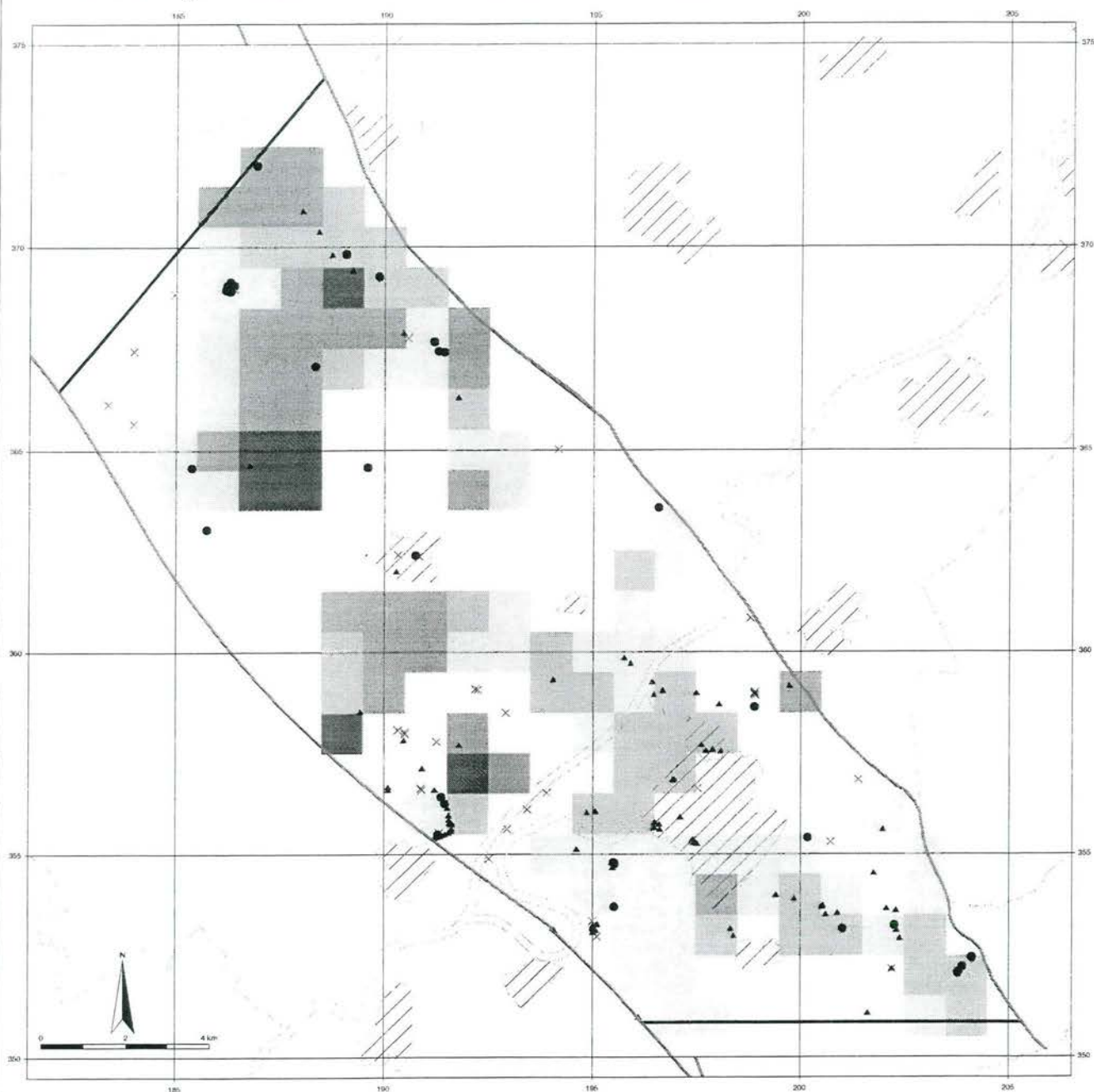
Projectnaam: I5  
 Rapportnummer: Inventarisatie grind 30-150m-mv  
 Opdrachtgever: NITG 02-058-B  
 Datum: Rijkswaterstaat -DWW  
 Samensteller: Mei 2002  
 Digitale verwerking: J.G. Veldkamp  
 Projectie: J.G. Veldkamp  
 Rijks Driehoek



Nederlands Instituut voor  
Toegepaste Geowetenschappen

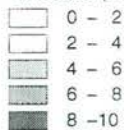


## Grinddikte gebied 3 40 – 50 meter onder maaiveld



### Legenda

#### Grinddikte (m.)



Bebouwde kom

#### Boringen

- Interval geheel doorboord (grinddikte > 0)
- × Interval geheel doorboord (grinddikte = 0)
- ▲ Interval niet geheel doorboord

- Belangrijkste breuken
- Gebiedsgrens



#### Bijlage:

Projectnaam:  
Rapportnummer:  
Opdrachtgever:  
Datum:  
Samensteller:  
Digitale verwerking:  
Projectie:

I6  
Inventarisatie grind 30-150m-mv  
NITG 02-058-B  
Rijkswaterstaat -DWW  
Mei 2002  
J.G. Veldkamp  
J.G. Veldkamp  
Rijks Driehoek



Nederlands Instituut voor  
Toegepaste Wetenschappen

# Bijlage J Berekeningsmethode voor de volume bepaling van de geologische reserve voor enkele diepe grindvoorkomens

De meest eenvoudige methode voor schatting van het volume grind bestaat uit het middelen van de dikte grind in alle (volledige) boringen (inclusief die waarin de aangetroffen dikte nul meter bedraagt), en dit getal te vermenigvuldigen met de oppervlakte van het beschouwde gebied. Dit leidt tot een onjuiste schatting wanneer de ruimtelijke verdeling van boringen en/of de geologie in het gebied heterogeen is (of heterogeen ten opzichte van de geologie van het gebied). Rondom sommige locaties zijn relatief veel boringen beschikbaar (bijvoorbeeld rondom grindwinningen en in waterwingebieden). In deze boringen kan een relatief dik pakket grind worden aangetroffen, dat niet representatief is voor de gemiddelde dikte van het gebied als geheel (overschatting). Analooq hieraan kan een schatting die gemaakt is op grond van boringen in de (relatief grindrijke) slenk niet geëxtrapoleerd worden over breuken naar de horsten. Ook dit zou tot een overschatting van de grinddikte leiden.

Een betere methode is daarom het maken van een volumeschatting door ruimtelijke interpolatie van de aangetroffen diktes. Interpolatie vermindert het genoemde ongunstige effect van geclusterde boringen. Tevens wordt, door het studiegebied volgens geologische grenzen onder te verdelen en de interpolatie binnen aldus verkregen homogene geologische gebieden te laten plaatsvinden, een betere schatting verkregen. De eenvoudigste interpolatoren, zoals 'nearest neighbour' (NN)<sup>1</sup> en 'inverse distance' (IDW)<sup>2</sup> zijn echter niet in staat om gegevens van boringen die niet het gehele beschouwde diepte-interval doorboren, te verwerken. Deze boringen bevatten wel relevante informatie. Figuur J.1 toont, in profielvorm, twee mogelijke effecten van het verwaarlozen van dit soort 'zachte' gegevens, met tegengesteld resultaat. Bij verwaarlozing is zowel onder- als overschatting van het grindvolume mogelijk. Sommige geostatistische methodes zijn wel in staat zachte gegevens te verwerken. Een van de geschikte methodes is indicator kriging<sup>3</sup>. Bij kriging wordt in principe, net zoals bij IDW, een schatting gemaakt van iedere niet-bemonsterde locatie op basis van een gewogen gemiddelde van de omliggende bemonsterde locaties. De wijze waarop de gewichtsfactoren worden bepaald is echter verschillend. Het hoe en waarom is hier minder van belang<sup>4</sup>. Wat wel belangrijk

<sup>1</sup> Bij een 'nearest neighbour' interpolatie wordt aan elke niet-bemonsterde locatie de waarde van het dichtst bijzijnde bemonsterde punt toegekend. De veelhoeken die hierbij ontstaan staan ook bekend als Voronoi- of Thiessen-polygonen.

<sup>2</sup> Bij een 'inverse distance' interpolatie wordt aan elke niet-bemonsterde locatie een waarde toegekend die het gewogen gemiddelde is van de dichtstbijzijnde bemonsterde punten. Het gewicht van de bemonsterde punten neemt af met de  $n^{\text{de}}$  macht van de afstand tot het te schatten punt, waarbij  $n$  meestal 2 is. Eventueel kunnen ook de maximale zoekstraal en/of het minimaal en maximaal aantal mee te wegen punten worden opgegeven.

<sup>3</sup> Meer geavanceerde technieken die in principe ook in aanmerking komen, zoals Block Kriging en Sequentiële Simulaties, zijn buiten beschouwing gelaten vanwege het tijdrovende karakter van de implementatie, en het globale karakter van de gewenste volumeschatting.

<sup>4</sup> Om ten volle gebruik te maken van de mogelijkheden die kriging biedt is het noodzakelijk de ruimtelijke correlatie te bepalen ('variogrammodellering'). Voor de in dit stadium van het onderzoek gemaakte berekening is hieraan (nog) geen aandacht besteed. In plaats daarvan is



is, is dat voor boringen die niet het gehele interval doorboren (de zachte gegevens) opgegeven kan worden wat de minimale en maximale dikte van het grindinterval op deze locatie zou kunnen zijn (i.e., het interval waarbinnen de geïnterpoleerde dikte kan liggen). De interpolator houdt hier rekening mee, en zal op ieder relevant punt een schatting produceren die ook met de zachte gegevens in overeenstemming is. Het is duidelijk dat ook zachte boringen waarin de geobserveerde dikte grind nul is, belangrijke informatie bevatten. Bijvoorbeeld: een zachte boring met einddiepte 39.9 meter en een geobserveerde dikte grind van 0 meter heeft vrijwel dezelfde informatieve waarde als een harde boring met een einddiepte van 40 meter en een geobserveerde dikte grind van 0 meter, maar mag principieel niet gebruikt worden als hard datapunt.

Om zachte gegevens geschikt te maken voor het interpolatieprogramma (IK3D, uit GSLib 2 (Deutsch & Journel 1998) moet voor een aantal van tevoren gekozen grenswaarden (de 'cutoffs') de (cumulatieve) waarschijnlijkheid worden aangegeven dat de dikte op het monsterpunt de grenswaarde overschrijdt. De dikte van het grindpakket in ieder beschouwd interval ligt per definitie tussen 0 en 10 meter. De 19 gebruikte grenswaarden zijn om iedere halve meter gesteld (0.5, 1.0, 1.5, ..., 19.0, 19.5)<sup>5</sup>. Figuur J 1 illustreert dit principe: in een fictieve boring x met einddiepte 37 meter onder maaiveld is tussen 30 en 37 meter 2.5 meter grind aangetroffen. De mogelijke dikte in het interval 30-40 meter ligt dus tussen 2.5 en  $(2.5 + (40 - 37)) = 5.5$  meter. De cumulatieve waarschijnlijkheid ziet er dan als volgt uit (zie Tabel J.1); in dit voorbeeld zijn ter wille van de eenvoud slechts 9 'cutoffs' gebruikt)

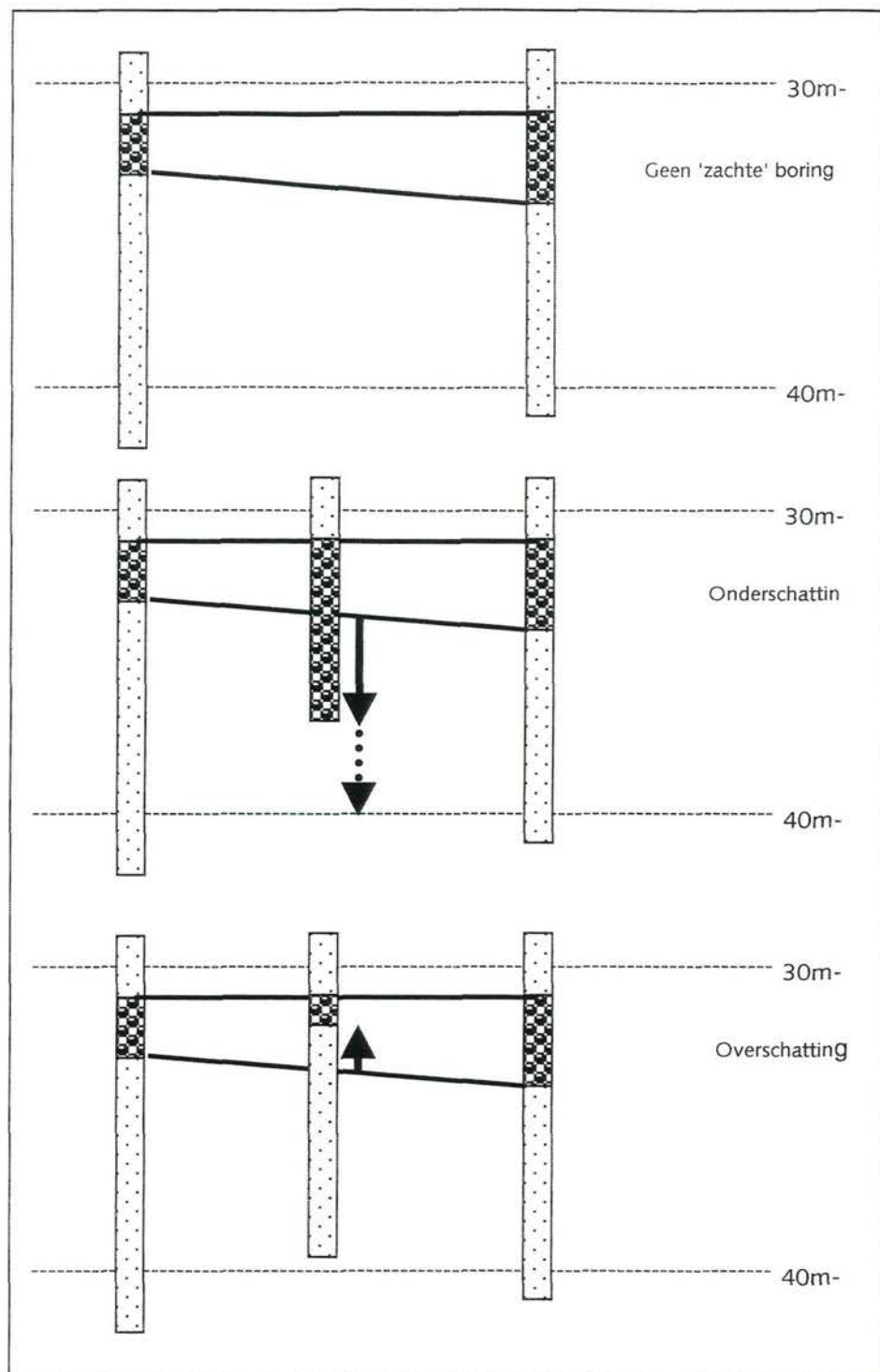
In Tabel J.1 betekent een kans van 0: de dikte is zeker groter, en 1: de dikte is zeker kleiner. In het mogelijke dikte-interval zijn de kansen per 'cutoff' gelijk verdeeld; de kans dat de dikte tussen 2-3, 3-4, 4-5 of 5-6 meter ligt, wordt gelijk geacht. Dit betekent dat de geschatte waarde tussen 2 en 6 meter kan komen te liggen. De gekozen intervalgrenzen kunnen dus een kleine fout introduceren voor de 'zachte' gegevens. Deze is echter ondergeschikt aan de fout die wordt gemaakt door de 'zachte' gegevens in het geheel niet mee te nemen. Overigens kan de fout worden verkleind door het aantal 'cutoffs' groter (en de intervallen kleiner) te kiezen. Dit vergroot echter de rekentijd. Vanwege het globale karakter van de gewenste schattingen is in dit stadium van onderzoek van deze optie afgezien. Ook kan de kansverdeling per interval gevarieerd worden, in plaats van die in ieder interval gelijk te stellen. Bovenstaand voorbeeld met intervallen van 0.25 kan bijvoorbeeld worden verfijnd naar 0.125-0.375-0.375-0.125 (voor de dikte-intervallen 2-3, 3-4, 4-5, 5-6 meter), resulterend in een cumulatieve verdeling van 0.125-0.500-0.875-1.000 voor de relevante intervallen. Ook de toegevoegde waarde hiervan wordt op dit moment te gering geacht om voor implementatie in aanmerking te komen.

Het resultaat van een indicator kriging interpolatie is een grid met op ieder punt voor iedere gekozen grenswaarde de kans dat de geschatte dikte kleiner cq. groter is dan de grenswaarde. Uit deze cumulatieve kansverdeling kan de p50 (i.e., de dikte waarbij de kans op een grotere dikte even groot is als die op een kleinere) aangehouden worden als beste schatting.

---

bij alle berekeningen uitgegaan van een variogrammodel met een nugget van 0 en een range van 4 kilometer.

<sup>5</sup> Omdat de gemiddelde grinddikte in de boringen gemiddeld tussen de 0 en 3 meter ligt, zou dit interval in principe fijner onderverdeeld kunnen worden dan dat tussen 3 en 10 meter. Deze verfijning is voor de gewenste ruwe schatting echter niet relevant.



Figuur J.1 Twee fouten die mogelijk gemaakt kunnen worden wanneer zachte gegevens genegeerd worden. Een doorgetrokken pijl geeft de minimale diktecorrectie aan, een gestippelde pijl de mogelijke extra correctie.

Tabel J.1: Cumulatieve kansverdeling van de grinddikte in een (fictieve) boring.

Interval	$\leq 1$	$\leq 2$	$\leq 3$	$\leq 4$	$\leq 5$	$\leq 6$	$\leq 7$	$\leq 8$	$\leq 9$
Kans	0	0	0.25	0.50	0.75	1	1	1	1



---

Uit een proefberekening uitgevoerd op een deelgebied in de Roerdal Slenk, aan weerszijden van de Maas bij Roermond, blijkt dat er verschillen tot ongeveer 10% kunnen bestaan tussen de vier genoemde interpolatoren, met als grootste afwijking indicator kriging met zachte gegevens (Tabel J.2). Daarom is ervoor gekozen indicator kriging met zachte gegevens toe te passen, als methode die optimaal gebruik maakt van de beschikbare gegevens.

**Tabel J.2 — Resultaten proefberekening met vier verschillende interpolatiemethodes**

Methode	Volume (miljoen m <sup>3</sup> )
Thiessen	628
IDW	643
IK	625
IK zacht	690

**PUBLICATIEREEKS GRONDSTOFFEN (prijzen gelden niet voor RWS-ers)**

Nr.	Titel: subtitel (cursief)	DWW-Nummer	Prijs
1995/01	Zuinig omgaan met granulaire grondstoffen: <i>Voorstudie</i>	W-DWW-95-505	f 20,00 € 9
1995/02	De stand van het zand II: <i>Beton- en metselzandverbruik per provincie 1991-1993</i>	W-DWW-95-512	f 15,00 € 6
1995/03	Proefproject AVI-slakken in rijksweg 15: <i>Covernota</i>	W-DWW-95-513	f 10,00 € 4
1995/04	Proefproject AVI-slakken in rijksweg 15: <i>Basisrapport</i>	W-DWW-95-514	f 20,00 € 9
1995/05	Het Bouwstoffenbesluit en de Rijkswaterstaat	W-DWW-95-523	f 25,00 € 11
1995/06	Onderzoek naar de verkitting van AVI-bodemassas: <i>stand van zaken</i>	W-DWW-95-520	f 10,00 € 4
1995/07	Richtlijn AVI-bodemassas in ophogingen: <i>handleiding bij ontwerp, uitvoering, beheer en onderhoud (versie 1995)</i>	W-DWW-95-524	f 15,00 € 6
1995/08	Prototype Simulatiemodel Matflow: <i>Opstellen berekeningsschema en gegevensmodel</i>	W-DWW-95-521	f 10,00 € 4
1995/09	Prototype Simulatiemodel Matflow: <i>Eindrapport</i>	W-DWW-95-522	f 7,50 € 3
1995/10	Richtlijn voor de toepassing van licht verontreinigde grond	W-DWW-95-528	f 20,00 € 9
1995/11	Stralingsaspecten van geïmporteerde gebroken natuurgesteenten als grof toeslagmateriaal voor beton	W-DWW-95-531	f 15,00 € 6
1995/12	Voorlichtingsdagen Bouwstoffenbesluit: <i>vragen deelnemers + antwoorden</i>	W-DWW-95-539	f 10,00 € 4
1995/13	Toepassing van fijn(er) zand in beton	W-DWW-95-543	f 10,00 € 4
1995/14	Gebruik van Secundaire Grondstoffen bij de Rijkswaterstaat: <i>1993-1994 Evaluatie</i>	W-DWW-95-538	f 10,00 € 4
1995/15	Naar een methodiek voor het kwantificeren van aantasting in LCA: <i>Vooronderzoek in het kader van de LCA methodiekontwikkeling met betrekking tot de operationalisatie van aantasting van ecosystemen en landschap</i>	W-DWW-95-545	f 10,00 € 4
1995/16	Registratie productie en afzet secundaire grondstoffen <i>inventarisatie gegevens 1989-1994</i>	W-DWW-95-546	f 10,00 € 4
1995/17	Beton- en metselzand: model en prognose	W-DWW-95-547	f 15,00 € 6
1995/18	Zuinig gebruik granulaire grondstoffen Fase 2a: <i>Nadere inventarisatie van meest veelbelovende maatregelen</i>	W-DWW-95-549	f 15,00 € 6
1996/01	Betontechnologische aspecten bij het gebruik van fijn zand in beton.	W-DWW-96-004	f 10,00 € 4
1996/02	Onderzoek toepassing recyclingbrekerzand in beton	W-DWW-96-046	f 10,00 € 4
1996/03	Registratie productie en afzet secundaire grondstoffen <i>inventarisatie gegevens 1989-1995</i>	W-DWW-96-049	f 10,00 € 4
1996/04	Proefproject metselwerkgranulaat dam Ventjagersplaat (eindconclusie)	W-DWW-96-053	f 10,00 € 4
1996/05	Prototype Kennisgebaseerd Systeem Bouwstoffenbesluit KBS-BSB <i>Prototype</i>	W-DWW-96-060	f 10,00 € 4
1996/06	Marktbehoefte van Schelpen huidige situatie en prognoses voor de komende 10-15 jaar	W-DWW-96-064	f 10,00 € 4
1996/07	Voorbereiding gegevensbank MATFLOW Bijlage bij Voorbereiding gegevensbank MATFLOW	W-DWW-96-070	f 20,00 € 9
1996/08	Energie-extensivering in de GWW-sector <i>Vooronderzoek naar de mogelijkheden van Energie-extensivering in de GWW-sector</i>	W-DWW-96-083	f 10,00 € 4
1996/09	Checklist Materialen & Milieu <i>Materiaalkeuze voor de wegenbouw, gericht op duurzaam bouwen</i>	W-DWW-96-094	f 10,00 € 4
1996/10	Checklist Materialen & Milieu <i>Materiaalkeuze voor de wegenbouw, gericht op duurzaam bouwen</i>	W-DWW-96-095	f 10,00 € 4



1996/11	Gebruik van Secundaire Grondstoffen bij de Rijkswaterstaat <i>1995 evaluatie</i>	W-DWW-96-108	f 10,00 € 4
1996/12	Verkenndend onderzoek naar de toepassingsmogelijkheden van grof grind	W-DWW-96-112	f 10,00 € 4
1997/01	Een LCA voor AVI-vliegas <i>Onderzoek naar de uitvoerbaarheid</i>	W-DWW-97-006	f 10,00 € 4
1997/02	Prognosemodel voor de grindprijs in Nederland <i>Achtergrond en handleiding</i>	W-DWW-97-007	f 10,00 € 4
1997/03-04	De milieuhygiënische kwaliteit van wegenbouwmaterialen <i>semipraktijkonderzoek</i>	W-DWW-97-009	f 25,00 € 11
1997/05	Marktacceptatie secundaire grondstoffen Huidige succesfactoren leerpunten overheid voor de toekomst	W-DWW-97-010	f 15,00 € 6
1997/06	Richtlijn voor de toepassing van categorie 2 en buitencategorie sorteerzeef- zand Handleiding bij ontwerp, uitvoering, beheer en onderhoud	W-DWW-97-013	f 10,00 € 4
1997/07	Isolerende voorzieningen voor de toepassing van secundaire grondstoffen in de GWW-sector, toetsingskader	W-DWW-97-017	f 10,00 € 4
1997/08	Handreiking grootschalige toepassing van AVI-bodemas in grondwerken	W-DWW-97-001	f 10,00 € 4
1997/09	Verkenning behoefte Noordzeezand 1996-2030	W-DWW-97-029	
1997/10	Opnamecapaciteit van de wegenbouw voor secundaire materialen <i>Bepaling van de maximaal mogelijk vraag naar funderingsmaterialen en naar ophoogmaterialen van categorie 2 en de bijzondere categorie</i>	W-DWW-97-037	f 25,00 € 11
1997/11	Inventarisatie voor de Nota Ophoogzand	W-DWW-97-053	f 10,00 € 4
1997/12	Inventarisatie van Grondstoffenbanken in Nederland	W-DWW-97-051	f 10,00 € 4
1997/13	Fijn(er) zand in metselmortels <i>Inventarisatie van de huidige situatie</i>	W-DWW-97-052	f 10,00 € 4
1997/14	Economisch functioneren van de grondstoffenmarkt <i>Eindrapport fase 1: inventarisatie</i>	W-DWW-97-069	f 15,00 € 6
1997/16	Registratie productie en afzet secundaire grondstoffen <i>Inventarisatie gegevens 1989-1996</i>	W-DWW-97-075	f 10,00 € 4
1997/17	Registratie en evaluatie grondstoffengebruik bij de Rijkswaterstaat <i>Stand van zaken 1996</i>	W-DWW-97-088	f 10,00 € 4
1998/01	Verbruik van beton- en metselzand en grind Deel I, Stand van het Zand III 1994-1996 Deel II, Lint aan het Grind I 1993-1996	W-DWW-98-012	f 15,00 € 6
1998/02	Verkenning van hergebruiksmogelijkheden van bouwstoffen die vrij komen bij de versterkingen van zeeweringen in Zeeland	W-DWW-98-036	f 10,00 € 4
1998/03	Synergie, koppeling tussen ontgrondingen en andere gewenste maatschappelijke doelen	W-DWW-98-039	f 10,00 € 4
1998/04	Aanbod en eindbestemming van licht verontreinigde grond resultaten enquête 1995-2005	W-DWW-98-047	f 10,00 € 4
1998/05	Evaluatie kwantitatieve inventarisaties gebruik secundaire grondstoffen, periode 1984-1996	W-DWW-98-043	f 10,00 € 4
1998/06	Verkenningen secundaire grondstoffen 1996-2015	W-DWW-98-048	f 20,00 € 9
1998/07	Biodiversity and life support indicators for land use impacts in LCA	W-DWW-98-059	f 20,00 € 9
1998/08	Vervangingspotentieel vernieuwbare grondstoffen <i>indicatief onderzoek naar het potentieel van vernieuwbare grondstoffen om oppervlaktedelfstoffen voor de bouw te vervangen</i>	W-DWW-98-064	f 10,00 € 4
1998/09	Inventarisatie van kwaliteit en kwantiteit van betonzand in de markt	W-DWW-98-067	f 10,00 € 4
1998/10	Kwaliteitsverbetering AVI-bodemas door versneld verouderen en/of wassen: <i>onderzoek op pilotschaal</i>	W-DWW-98-078	f 15,00 € 6

1998/11	Gebruik van secundaire grondstoffen bij de Rijkswaterstaat <i>Evaluatie 1997</i>	W-DWW-98-081	f 10,00 € 4
1999/01	Registratie productie en afzet secundaire grondstoffen <i>inventarisatie gegevens 1989-1997</i>	W-DWW-99-010	f 10,00 € 4
1999/02	Kunststof/hout composietproducten uit secundaire materialen <i>haalbaarheidsonderzoek</i>	W-DWW-99-015	f 10,00 € 4
1999/03	Bouw- en sloopafval in 2015: Trendbreuk in afzet van BSA?	W-DWW-98-046	f 10,00 € 4
1999/04	Herziening van de modellen voor de behoefte aan grind en cement	W-DWW-99-016	f 20,00 € 9
1999/05	Richtlijn AVI-bodemas in grootschalige constructieve ophogingen <i>Handleiding bij ontwerp, uitvoering, beheer en onderhoud</i>	W-DWW-99-025	f 15,00 € 6
1999/06	Gebruik van secundaire grondstoffen bij de Rijkswaterstaat <i>Evaluatie 1998</i>	W-DWW-99-031	f 10,00 € 4
1999/07	Inventarisatie voor de Nota Ophoogzand II	W-DWW-99-034	f 10,00 € 4
1999/08	Vervangingspotentieel Vernieuwbare grondstoffen <i>Confrontatie met de praktijk</i>	W-DWW-99-035	f 10,00 € 4
1999/09	Stimuleren van het gebruik van AVI-bodemas in grootschalige toepassingen	W-DWW-99-038	f 15,00 € 6
1999/10	Rijkswaterstaat als grondstoffenmakelaar? <i>Een studie naar de behoefte en de haalbaarheid</i>	W-DWW-99-079	f 10,00 € 4
1999/11	Stand van het Zand IV, Lint aan het Grind II Verbruik van beton- en metselzand en grind	W-DWW-99-062	f 10,00 € 4
1999/12	Initiële markverkenning en verwerkingsmogelijkheden van materialen die vrijkomen bij Ruimte voor Rijntakken <i>Project Schatkist, Grondmanagement Ruimte voor Rijntakken</i> <i>(Samenvatting)</i>	W-DWW-99-064	f 10,00 € 4
1999/13	Op de hoogte van klei uit baggerspecie: een verkenning van de toepassing in wegophogingen	W-DWW-99-078	f 15,00 € 6
2000/01	Leidraad Bouwstoffen Rijkswaterstaat	P-DWW-99-055	
2000/02	Registratie productie en afzet secundaire grondstoffen <i>Inventarisatie gegevens 1989/1998</i>	W-DWW-2000-010	f 10,00 € 4
2000/03	Gebruik van secundaire grondstoffen bij de Rijkswaterstaat <i>Evaluatie 1999</i>	W-DWW-2000-042	f 10,00 € 4
2000/04	Nieuwe wegen voor het ontgrondenbeleid	W-DWW-2000-069	f 10,00 € 4
2000/05	Marktonderzoek Schelpen <i>Een verkenning van de schelpenmarkt in de komende 15 jaar</i>	W-DWW-2000-075	f 20,00 € 9
2000/07	Verkenkende rapportage diepwinningstechnieken	W-DWW-2000-092	f 20,00 € 9
2000/08	Stand van het Zand V, Lint aan het Grind III Verbruik van beton- en metselzand en grind	W-DWW-2000-093	f 10,00 € 4
2001/01	Handleiding programma OPBRENGST <i>Programma voor opbrengstberekening delfstoffen op basis van korrelverdeling</i>	W-DWW-2001-015	f 25,- € 11



2001/02	Beton- en metselzand in 'overige' toepassingen <i>Gebruik en vervangingsmogelijkheden van beton- en metselzand in andere toepassingen dan beton- en metselmortels</i>	W-DWW-2001-024	f 15,- € 6
2001/03	Zwavel en fluor in de Nederlandse bodem <i>Literatuurstudie naar gehalten sulfaat en fluoride in grond en grondwater</i>	W-DWW-2001-027	f 15,- € 6
2001/04	Kostenopbouw verwerkingsprijs voor rijping baggerspecie <i>met indicatie besparing ruimtebeslag in relatie tot intensieve bewerking</i>	W-DWW-2001-034	f 15,- € 6
2001/06	Gebruik van secundaire grondstoffen bij de Rijkswaterstaat <i>Evaluatie 2000</i>	W-DWW-2001-044	f 15,- € 6
2001/08	Toetsing Milieuaspecten Tweede Structuurschema Oppervlaktedelfstoffen	DWW-2001-031 ISBN 90-369-3777-9	f 20,- € 9
2001/09	Maaiveldverlaging en winning van oppervlaktedelfstoffen <i>Hoofdrapport project GSV/Maaiveldverlaging: opbrengstberekeningen</i>	DWW-2001-070 ISBN 90-369-3781-7	f 50,- € 22
2001/10	Oppervlaktedelfstoffenwinning uit maaiveldverlaging (ODM) <i>Achtergrondrapport project GSV/Maaiveldverlaging: criteria en randvoorwaarden</i>	DWW-2001-071	f 35,- € 15
2001/12	Grondstofverwerking in de Rijn-Maas monding <i>naar een integrale beheersvisie</i>	DWW-2001-095 ISBN 90-369-3784-1	€ 10
2001/13	Haalbaarheidsstudie Diepwinning Beton- en Metselzand <i>Studie naar de mogelijkheid om bij bestaande zandwinningen onder de vergunde diepte beton- en metselzand te winnen</i>	DWW-2001-098 ISBN 90-369-3784-1	f 10,- € 4
<hr/>			
2002/01	<b>Alternatieve bouwgrondstoffen als vervanger van industriezand</b> <i>Achtergrondrapport bij rapport: Beton- en metselzand in 'overige' toepassingen</i>	DWW-2002-012	€ 9
2002/03	Dubo / IFD in de GWW <i>Verkenning van de mogelijke bijdrage van Industrieel, Flexibel en Demontabel Bouwen aan duurzaam bouwen in de Grond- Weg- en Waterbouw</i>	DWW-2002-017 ISBN 90-369-3785-X	n.v.t.
2002/04	Materiaalarm Bouwen <i>Een marktverkenning naar de besparingsmogelijkheden van beton- en metselzand in de Nederlandse bouwsector</i>	DWW-2002-018 ISBN 90-369-3786-8	n.v.t.
2002/05	Evaluatie-onderzoek van de ophoging met AVI-bodemas in Rijksweg A15 <i>Samenvattend eindrapport</i>	DWW-2002-032 ISBN 90-369-3792-2	€ 6
2002/06	Evaluatie-onderzoek van de ophoging met AVI-bodemas in Rijksweg A15 <i>Deelrapport 1, Voorstudie</i>	DWW-2002-033 ISBN 90-369-3793-0	€ 6
2002/07	Evaluatie-onderzoek van de ophoging met AVI-bodemas in Rijksweg A15 <i>Deelrapport 2, Milieutechnisch onderzoek</i>	DWW-2002-034 ISBN 90-369-3794-9	€ 6
2002/08	Evaluatie-onderzoek van de ophoging met AVI-bodemas in Rijksweg A15 <i>Deelrapport 3, Het functioneren van de zandbentonietafdichting</i>	DWW-2002-035 ISBN 90-369-3795-7	€ 6
2002/09	Evaluatie-onderzoek van de ophoging met AVI-bodemas in Rijksweg A15 <i>Deelrapport 4, Vormen van verkitting</i>	DWW-2002-036 ISBN 90-369-3796-5	€ 6
2002/10	Evaluatie-onderzoek van de ophoging met AVI-bodemas in Rijksweg A15 <i>Deelrapport 5, Effecten van verkitting bij zetting</i>	DWW-2002-037 ISBN 90-369-3797-3	€ 6
2002/11	Toepassingsmogelijkheden van Klei uit Baggerspecie	DWW-2002-040	€ 6
2002/12	De marktsituatie voor de bouw- en sloopaafval anno 2000 <i>"Een kwantitatieve beschrijving van de stromen bouw- en sloopaafval van aanbod tot afzet"</i>	DWW-2002-049	€ 6
2002/16	Gebruik van secundaire grondstoffen bij de Rijkswaterstaat <i>Evaluatie 2001</i>	DWW-2002-075	€ 7

2002/20	Proefwegophoging met gebaggerde klei te Moerdijk	DWW-2002-080	€ 5,=
2002/23	Kostprijsanalyse Zandwinning IJsselmeergebied <i>Analyse van zandwinvarianten met diep onderzuigen en dagbouw uit de MER</i> <i>Zand boven Water 2</i>	DWW-2002-105 ISBN 90-369-5512-2	€ 6,=
2002/25	Bouwgrondstoffen in Nederland 2001 <i>Feiten en cijfers</i>	DWW-2002-023 ISBN 90-369-3789-2	





De Dienst Weg- en Waterbouwkunde is de adviesdienst voor techniek en milieu in de weg- en waterbouw.

Klantgericht, innovatief, deskundig, gericht op samenwerking, zakelijk en flexibel zijn de kernbegrippen voor de organisatie. Het werkplezier van de medewerkers is hierbij essentieel.

The Road and Hydraulic Engineering Institute is the advisor for technique and environment in road and hydraulic engineering.

Customer oriented, innovative, professional, aimed at cooperation and flexible are key notions for the organisation. At this, the working joy of the staff members is essential.

Dienst Weg- en Waterbouwkunde, Rijkswaterstaat,

Postadres: Postbus 5044  
2600 GA Delft

Bezoekadres: Van der Burghweg 1  
2628 CS Delft,

telefoon (015) 251 83 08

Telefax: (015) 251 85 55

E-mail: [dwwmail@dww.rws.minvenw.nl](mailto:dwwmail@dww.rws.minvenw.nl)

Internet: [www.minvenw.nl/rws/dww/home/](http://www.minvenw.nl/rws/dww/home/)

Publicatienummer: DWW-2002-110

ISBN 90-396-5514-9